electronia + radio + tv

Detectores
Osciladores
Amplificadores

ediciones AFHA

electronia radio tv

método especialmente ideado para aprender por sí mismo

electronia + radio + tv

tomo III.

Detectores, Osciladores, Amplificadores

AFHA

el método de

electronia + radio + tv

comprende los siguientes títulos:

Tomo I	**Teoría y montajes iniciales**
Tomo II	**Válvulas de vacío. Electrometría teórico-práctica**
Tomo III	**Detectores. Osciladores. Amplificadores**
Tomo IV	**Amplificadores B.F. Altavoces. Válvulas amplificadoras**
Tomo V	**El superheterodino de AM**
Tomo VI	**Receptores de frecuencia modulada**
Tomo VII	**Transistores**
Tomo VIII	**Alta fidelidad**
Tomo IX	**Instrumentos de medida**
Tomo X	**Televisión (I)**
Tomo XI	**Televisión (II)**
Tomo XII	**Televisión (III)**

© AFHA Internacional, S.A.
c/. Maestro Nicolau, 4 Barcelona (21)
Vigésimocuarta edición: Segundo trimestre 1979
N.º Registro: 4.884-71
Depósito Legal: B. 7.724-1979 (III)
ISBN: 84-201-0274-1 Obra completa
ISBN: 84-201-0343-8 Tomo 3
Impreso en España
Printed in Spain
Impreso por EMOGRAPH, S.A.
Almirante Oquendo, 1-9 Barcelona (20)

prólogo

Quien haya estudiado los dos primeros tomos de este Tratado habrá apreciado, sin duda alguna, que constituían una base de partida para el estudio de temas quizá más elevados, por cuanto se apartan de los conocimientos básicos; pero al mismo tiempo más atractivos, dado que convergen en la aplicación práctica de unas teorías.

En efecto, así ha sido, y éste es el propósito de este tercer tomo. Se tratan nuevos temas de orden teórico, cierto es; temas que son de fácil comprensión, porque de modo simultáneo arrancan de unas prácticas que, a su vez, tienen origen en lo que ya se ha aprendido.

En efecto: el lector aprende a manejar un preciso instrumento de medida, que ha montado de acuerdo con unas directrices. Más aún: arma un sencillo receptor a reacción, que luego se transforma en otro más completo. Y éste es, repetimos, un nuevo principio. Ahora, el lector aprende a efectuar cálculos de circuitos; saber por qué una resistencia, un condensador o cualquier otro elemento deben tener unos valores determinados; sabe cuáles son las variaciones que pueden realizarse y, lo que es más importante, el porqué de todo ello. El resumen, de acuerdo con las directrices que informan nuestro Método, es una preparación para un todo orgánico que ya se vislumbra: el estudio de la radiotecnia superior y de la televisión, más sus aplicaciones prácticas.

A pesar de la complejidad de los temas, se ha tratado siempre de darles una forma accesible y de resolver por anticipado las dificultades que se presentan en la práctica. No queremos con ello decir que el lector deba ceñirse de modo riguroso a unas normas; por el contrario, en todo momento se le sugiere, casi se le pide, que actúe con libertad; que haga las cosas a su propio modo y manera... Y ello ¿por qué? Pues porque en esta forma el estudio rinde más;

porque el estudiante se habitúa a desprenderse del apoyo del texto —una vez domine los temas, como es lógico—, actúa por su cuenta, abarca horizontes más amplios y, como consecuencia, adquiere con mayor rapidez la capacitación técnico-práctica a que debe aspirar.

Al final del libro se encuentra, en forma separable, una colección de fichas técnicas que reciben el nombre de *Soluciones tipo*. En ocasiones se le presentan dudas al radiotécnico; necesita de un prontuario eficaz, desprovisto de consideraciones teóricas y que sólo se atenga a la obtención inmediata de unos resultados. Todas y cada una de estas soluciones tipo presentan el problema, su planteamiento en forma clara y su resolución en forma podríamos decir simplificada. Como es natural, con frecuencia es útil recurrir al uso de unas tablas o compendios, que se han integrado en las mismas fichas de modo que sea superflua una consulta aparte a otros textos u otras páginas. Así, estas fichas son en realidad una herramienta de trabajo de empleo constante, como muy pronto apreciará todo el que, sea en forma esporádica o habitual, ejerza alguna actividad relativa a la radiotecnia o a la televisión.

Tenemos plena convicción de que nuestros fines son acertados. Creemos que nuestro esfuerzo ha sido apreciado. Estamos seguros de que usted, lector, ha adquirido ya una amplia visión de lo que es la ciencia de la radiotecnia. Y, sin embargo, ¡esto es poco más que el principio! Las nuevas seis lecciones que se hallan entre sus manos tienen otro cariz que las anteriores: reúnen conocimientos; asientan bases; tienen aplicación práctica. Juzgue usted mismo. Su sanción está demostrada por el hecho de habernos acompañado hasta aquí en la lectura de este prólogo.

índice

Lección 13 - página 1

RADIOTECNIA. — *Detección de modulación de amplitud. a)* Detección por diodo. Detección por triodo. *b)* Detección por placa. *c)* Detección por rejilla. Resumen.

Lección 14 - página 29

RADIOTECNIA. — *Receptor a reacción y osciladores.* Realimentación positiva y realimentación negativa. El receptor a reacción como amplificador realimentado. Inconvenientes. Advertencia. Tipos de osciladores. El oscilador sintonizado en rejilla. Oscilador sintonizado en placa. Un emisor elemental.

Lección 15 - página 51

RADIOTECNIA. — *Amplificadores de intensidad.* Recapitulemos. Más sobre la amplificación. Amplificadores, diversos tipos. *a)* Según la magnitud que deben amplificar. *b)* Según el tipo de corriente que deban amplificar. Los transformadores como amplificadores en corriente alterna. Con una corriente continua pura. Con corrientes continuas variables. Supresión de la componente continua. Balor medio de una corriente alterna. El triodo como amplificación de intensidad. *a)* Amplificación de corrientes continuas. *b)* Amplificación de corrientes alternas. Cálculo de la ganancia de un amplificador de intensidad. Una advertencia final.

Lección 16 - página 79

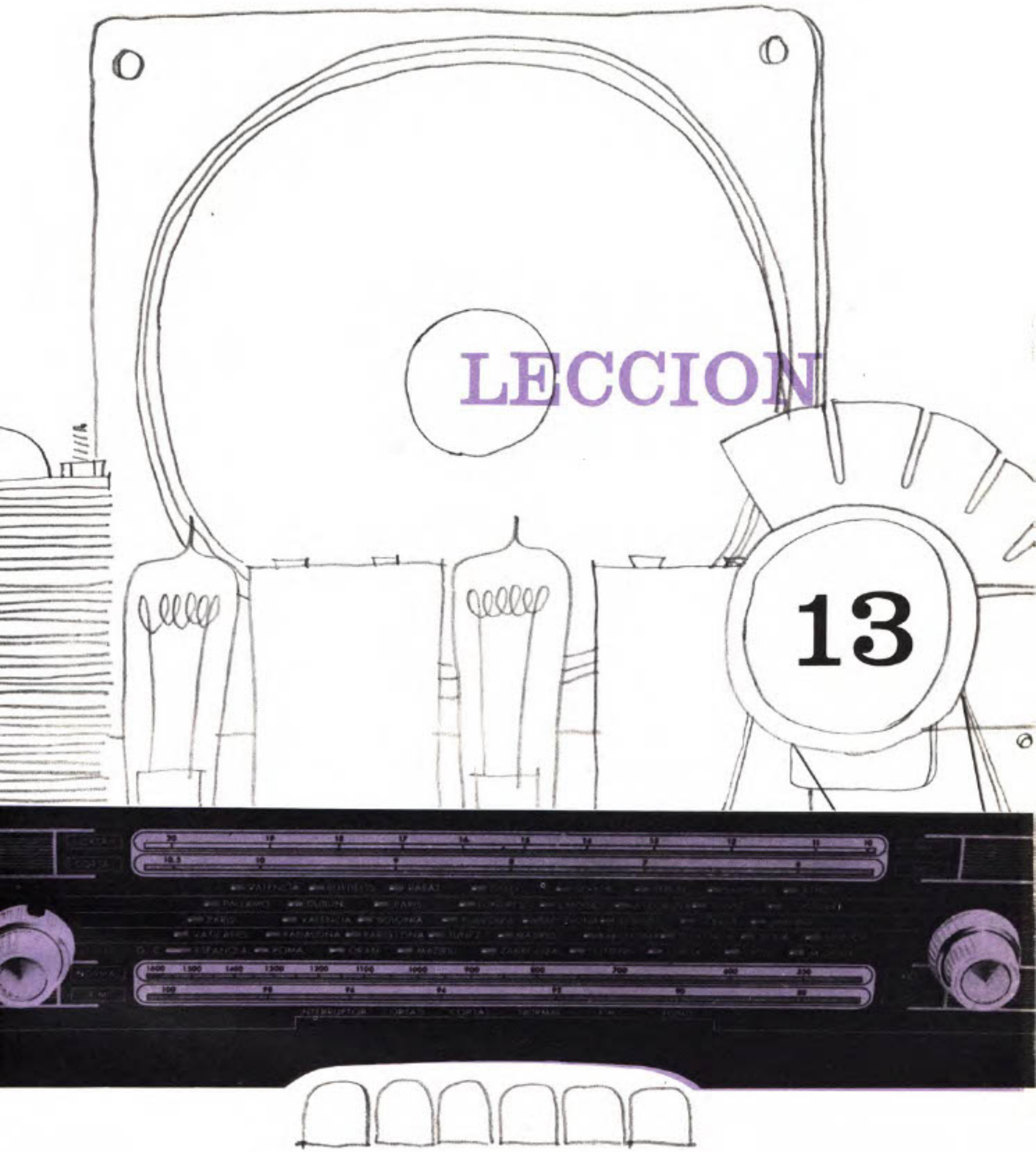
RADIOTECNIA. — *El triodo como amplificador de tensión.* Cómo amplificar una tensión. Relación entre las diversas características de un triodo. Las características de rejilla pueden deducirse de las placas. Ejemplo. Deducción de las características de placa a partir de las de rejilla. Deducción de las características de intensidad constante. Valores de resistencia interna, pendiente y factor de amplificación del triodo ideal. Solución gráfica al problema de los divisores de tensión. Primera operación. Segunda operación. Procedimiento práctico. Divisor de tensión formado por una resistencia y un triodo. Ganancia del amplificador de tensión.

Lección 17 - página 105

RADIOTECNIA. — *Amplificadores de tensión (segunda parte).* Representación gráfica de las variaciones de V_p y de I_p. Separación de la componente continua. Supresión de la componente continua mediante un grupo. Oposición de fase entre las tensiones de placa y rejilla en un triodo. Supresión de la batería de polarización B_c. Amplificador de tensión en cascada. Acoplamiento por resistencia, capacidad y acoplamiento por transformador. Polarización por escape de rejilla.

Lección 18 - página 125

RADIOTECNIA. — *Generadores y amplificadores de potencia.* Resumen. En los amplificadores de intensidad y de tensión la potencia es nula. Así, pues... Un triodo puede compararse con un generador. Datos característicos de los generadores. Intensidad, tensión y potencia en la resistencia exterior. Ejemplos. Máxima potencia. Valores de I y de V con los que se obtiene una potencia máxima. Las conclusiones obtenidas son válidas para todo elemento suministrador de energía eléctrica. Generadores de primera y segunda especie. Una cuestión de nomenclatura. El triodo como generador de segunda especie. Circuito equivalente de un triodo. Cálculo de la tensión máxima de salida. Cálculo de la intensidad y tensión en la resistencia de carga. El triodo como amplificador de potencia. La intensidad y la tensión deben expresarse en valores eficaces. Aumento de la potencia. Cálculo gráfico de la potencia máxima. Conclusión. Puntualizando conceptos.



Detección de modulación de amplitud

Detección por diodo y por triodo

Detección por placa y por rejilla

Detección de A. M. - Detección por diodo - Detección por triodo

DETECCION DE MODULACION DE AMPLITUD

Por lo que ya ha estudiado, conoce la esencia del proceso de detección. Hasta ahora, empero, esos conocimientos pecan de ser superficiales; les falta la sanción que da su aplicación práctica. Por esta razón, empezamos por dar un breve repaso, que hará más fácil la comprensión de lo que prosigue.

La detección consiste en extraer una señal de B.F. de otra señal de A.F. que la contenía o a la que, mejor dicho, estaba incorporada. Sabemos que un método de incorporar una señal de B.F. a otra de A.F. consiste en hacer que varíe la *amplitud* de la señal de A.F. de acuerdo con las variaciones que tenga la señal de B.F. que se pretende transmitir; método llamado MODULACIÓN DE AMPLITUD. Los detectores que extraen la señal de B.F. de una onda *modulada en amplitud* reciben el nombre de *detectores de modulación de amplitud*, o también *detectores de amplitud modulada* (detectores de A.M.).

No es la modulación de amplitud el único sistema de transmitir señales de B.F. por medio de ondas electromagnéticas de A.F. En la actualidad, de modo concreto, se emplea mucho la MODULACIÓN DE FRECUENCIA. Los detectores que extraen la señal de B.F. reciben en este caso el nombre de *detectores de modulación de frecuencia* o *detectores de frecuencia modulada* (detectores de F.M.).

Dejaremos para lecciones posteriores el estudio de los detectores de F.M. y por ahora trataremos con la necesaria extensión de los más usuales detectores de A.M. que se emplean en los aparatos radiorreceptores de tipos normales, función que se cumple por medio de alguno de los tres sistemas siguientes:

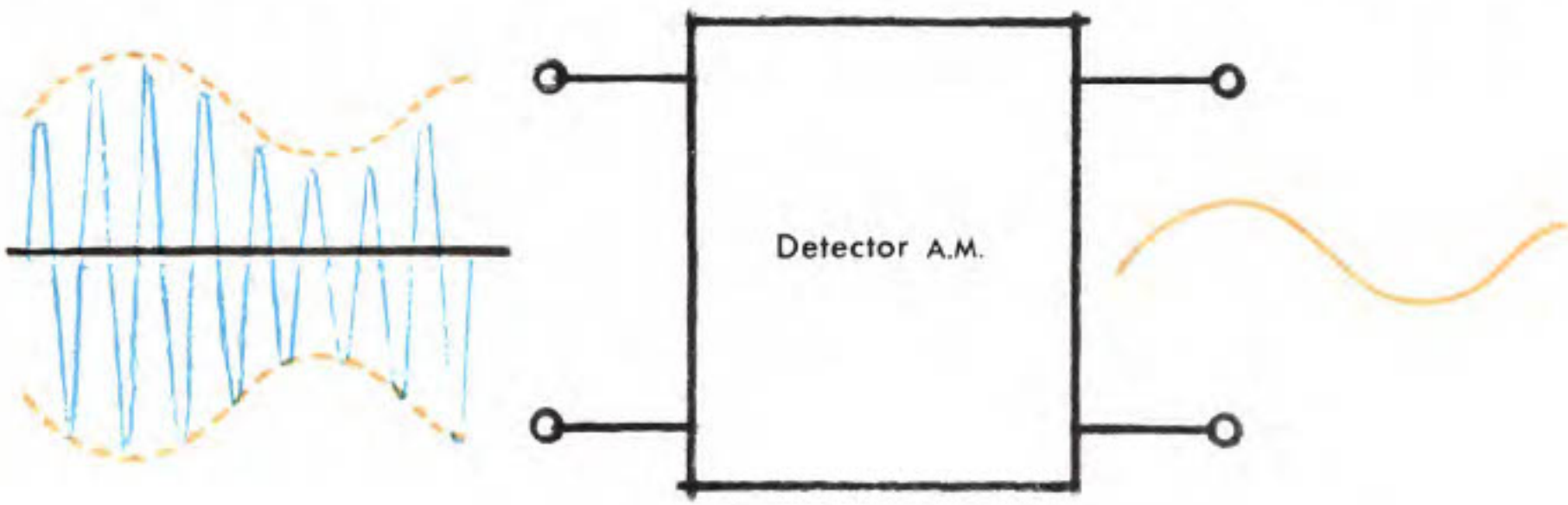
a) Detección por diodo;
b) Detección por placa;
c) Detección por rejilla.

Los dos últimos sistemas citados precisan del concurso de válvulas triodo.

DETECCION POR DIODO

La figura inmediata representa, de modo esquemático, la función de un detector.

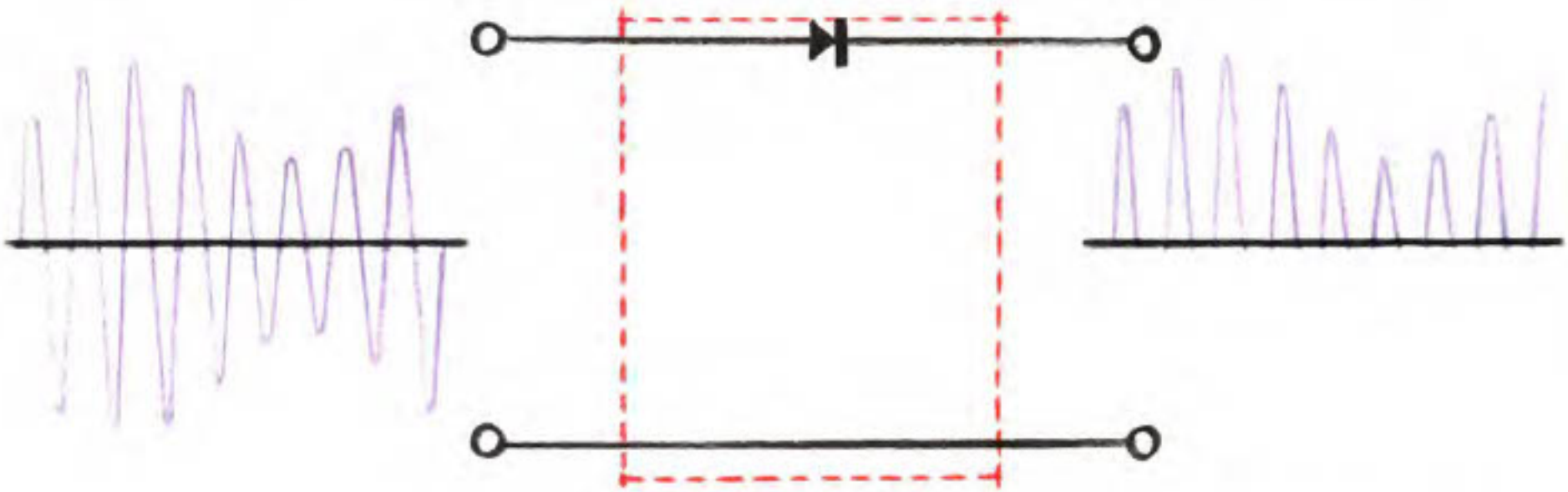
Si la función de un detector consiste en extraer la señal de B.F. de la onda portadora de A.F., es



A a salida de un detector diodo debiera encontrarse una señal de forma similar a la que tienen, en su conjunto, las variaciones de la señal de A.F. que se aplicó a la entrada.

evidente que esa función puede simbolizarse por el dibujo adjunto, en que el detector está representado por un rectángulo provisto de dos terminales de entrada y otros dos de salida. Así, cuando apliquemos a la entrada la señal modulada de A.F., a la salida debiéramos obtener una señal que tiene la forma de la línea que dibujan los picos de la señal de A.F.

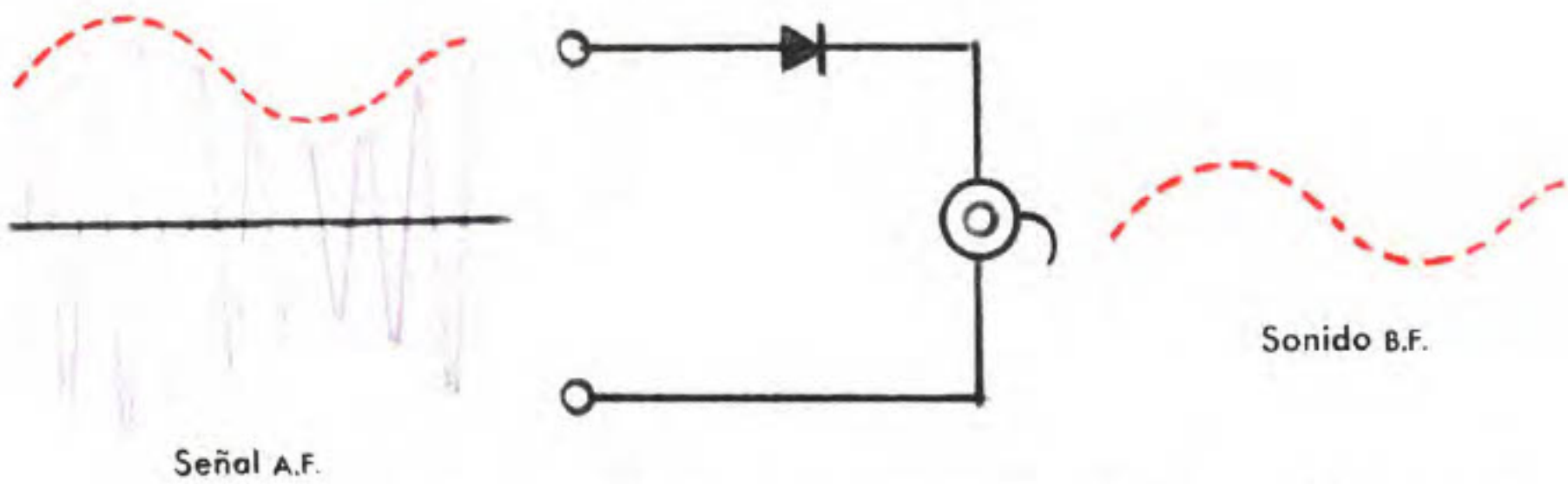
Ahora bien: hemos dicho que *debiera encontrarse* una señal de B.F. de forma idéntica a la de la unión de los picos de la señal de A.F. No sucede tal cosa, según se ve, cuando se emplea un simple diodo como detector, sino que sólo se logra extraer la mitad de la señal de A.F., sean los picos positivos (tal es el caso que se representa) o los negativos. Así, pues, lo que en realidad se obtiene es una *tensión pulsante*, producto de la rectificación de la corriente alterna de la entrada.



A la salida de un simple diodo sólo se obtiene los picos positivos de la onda modulada.

De todos modos, al conectar al diodo un auricular la lámina móvil que reproduce los sonidos audibles no avanza y retrocede de acuerdo con todos y cada uno de los impulsos de la tensión, sino que se mueve siguiendo la línea que trazan los picos de dicha tensión pulsante; es decir, que sigue la señal de B.F. Ello se debe primordialmente a la inercia propia de la lámina y a que la autoinducción de las bobinas del auricular sólo deja paso a las variaciones lentas de la intensidad de la corriente (o señal de B.F.) y, en cambio, se opone a los cambios bruscos que origina cada impulso por sí solo. No estará de más recordar aquí que la reactancia de una bobina es proporcional a la frecuencia; por tanto, mayor para las corrientes de A.F. que para las de B.F. que se trata de convertir en sonidos.

Resulta, por tanto, que la detección no es pro-

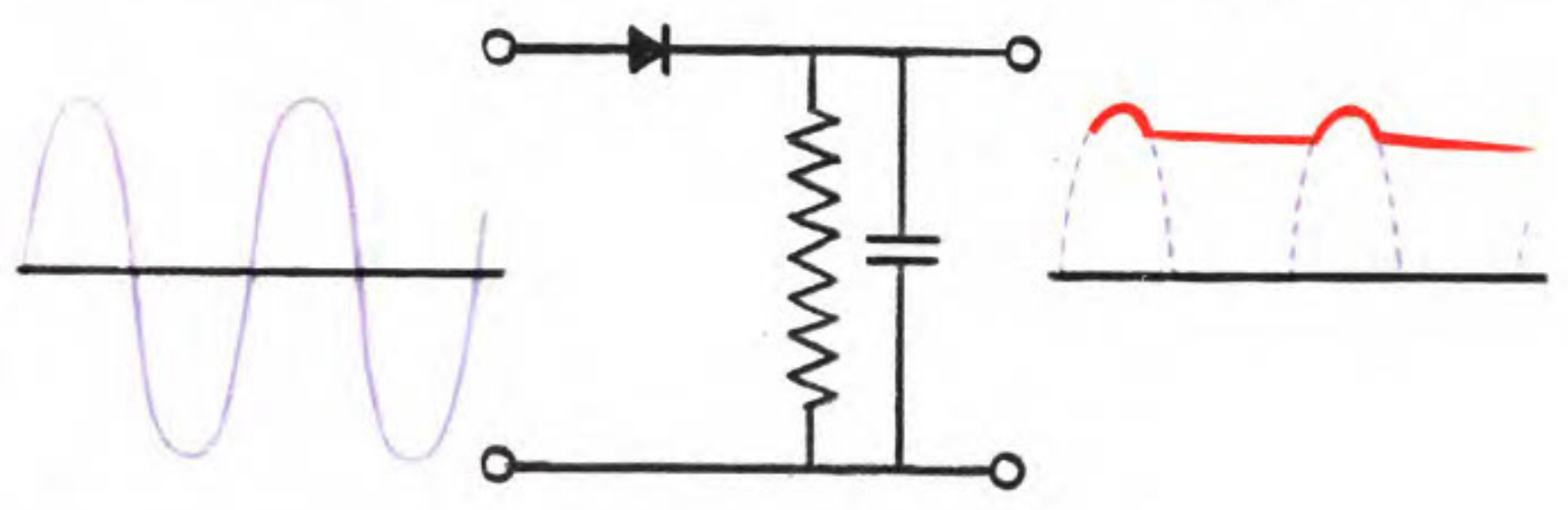


¿Y que es lo que sucede si se intercala un auricular en el circuito? La señal detectada se convierte en variaciones de la frecuencia audible, por la razón de que la lámina del auricular no puede seguir las variaciones muy rápidas de A.F., que no pueden oirse sin su concurso. El auricular ha completado la acción del detector diodo.

ducto de la sola actuación del diodo, sino del conjunto que forman el diodo y el auricular. Y ahora ya hemos dado con un modo de lograr que la señal de A.F. se haya tornado en onda audible, o si lo prefiere en variación capaz de ser oída, ya que se ha logrado que la lámina móvil del auricular produzca compresiones y descompresiones en el aire, de un modo tan conocido por usted que casi debe de haber olvidado.

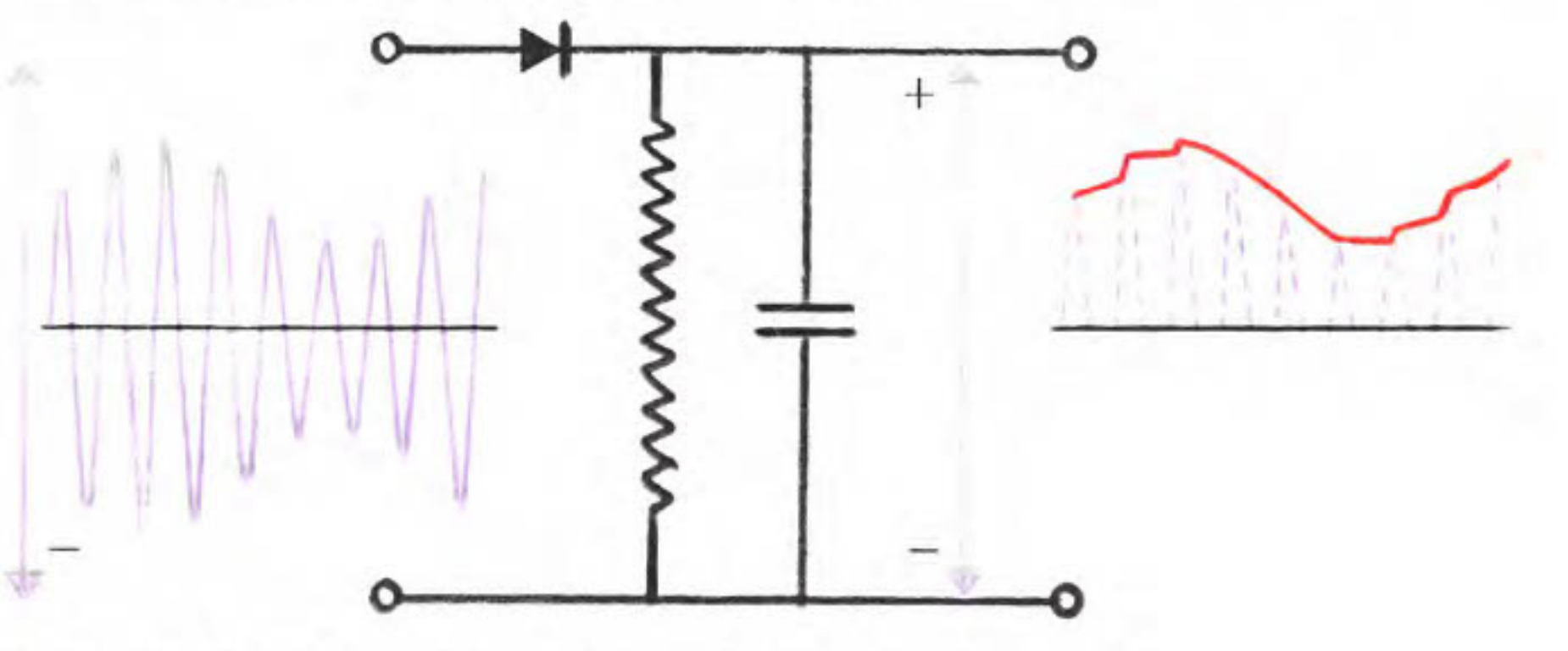
Si suponemos que se sustituye el auricular por una resistencia y un condensador en paralelo, el circuito resulta ser análogo al que se emplea para filtrar la corriente rectificada.

Por la acción del condensador, que se carga cuando el diodo conduce y se descarga cuando está bloqueado — cuando un diodo no conduce; es decir, cuando su ánodo es negativo con respecto a su cátodo, se dice que se bloquea —, la tensión a la salida no se anula en cada semiperíodo, sino que se mantiene casi igual al valor de pico.



Por medio de una resistencia y una capacidad en paralelo se obtiene un circuito similar al de un sistema rectificador.

Pues bien: cuando se aplica a la entrada de este circuito una tensión alterna de A.F. modulada en amplitud se obtiene el resultado que expresa la figura. Es decir, obtenemos a la salida una tensión (y no sólo los picos, como antes sucedía) que varía de acuerdo con la señal de B.F. Los bordes de la curva que expresa la forma de la señal presentan pequeñas irregularidades por causa de las sucesivas cargas y descargas del condensador.



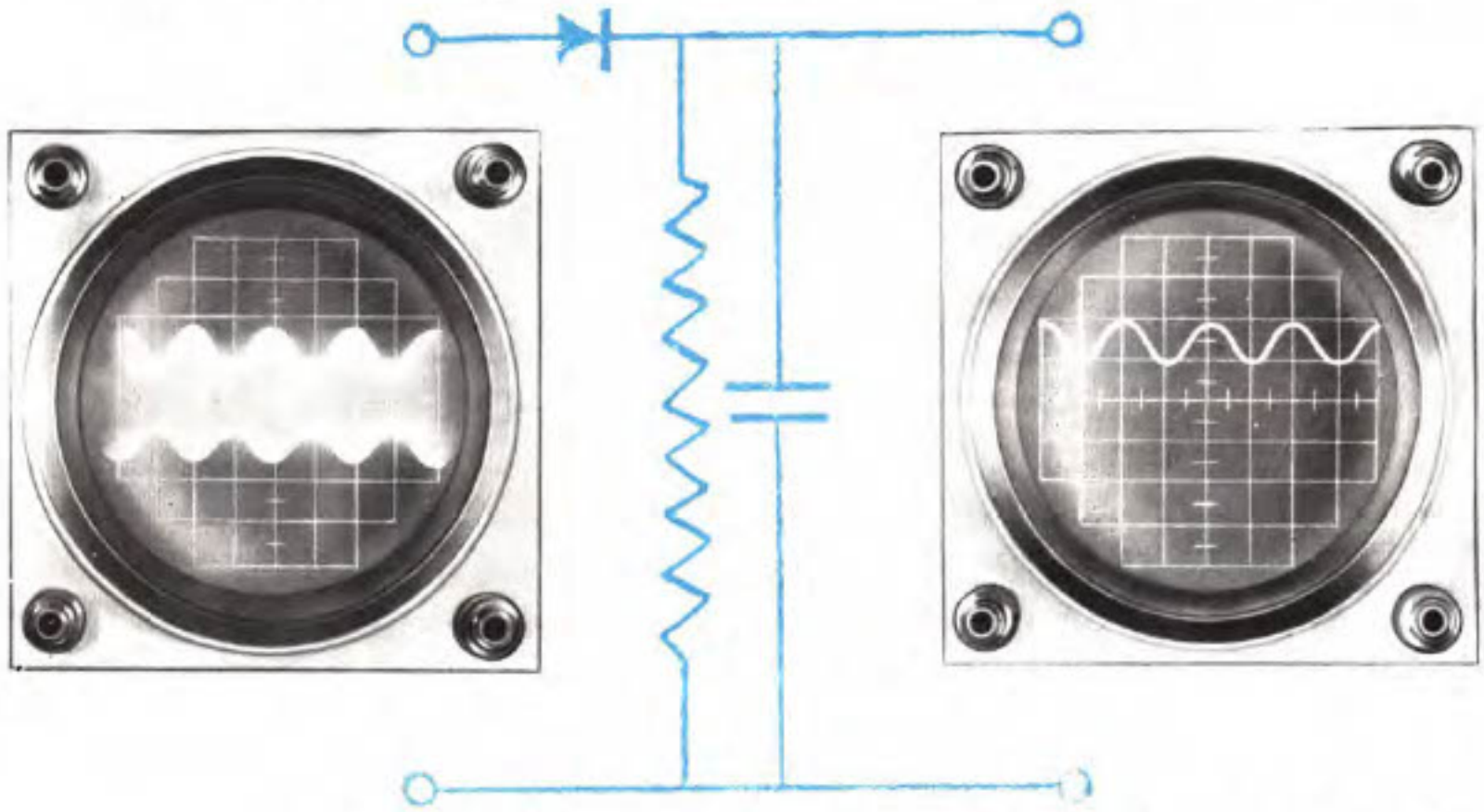
El condensador se carga cuando conduce el diodo; se descarga en el momento en que está bloqueado.
Podría decirse que elimina las variaciones de tensión muy rápidas a la salida del detector, con lo que se logra que la señal de salida represente con más fidelidad a la señal de B.F.

Sin embargo, debe tenerse presente que en la práctica esas irregularidades son mucho menores que las que, con el fin de exponer con mayor claridad el proceso, se han representado exageradas en la figura. En el supuesto de que la señal de B.F. fuese de 500 c/s y la de A.F. de 500 Kc/s, cada período de aquélla comprendería mil de la segunda; no sólo diez o doce, que se han representado en forma gráfica.

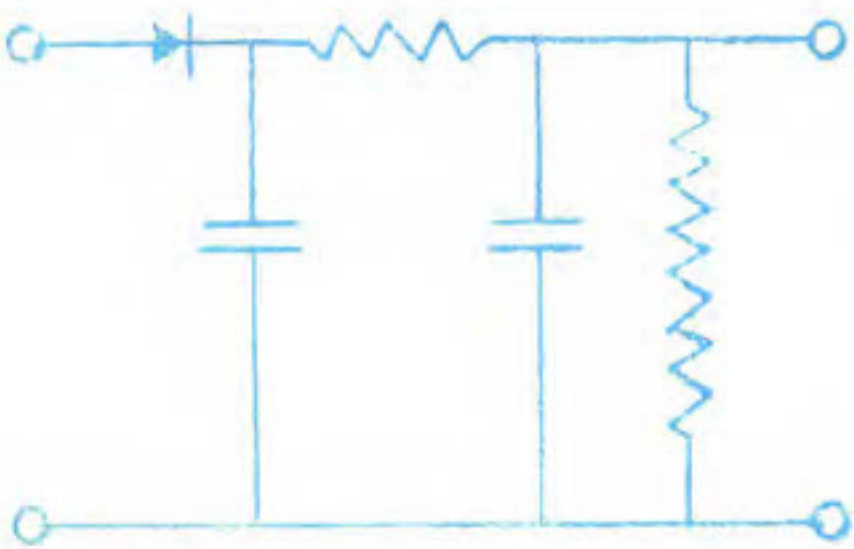
Fotografías que se han obtenido directamente de la pantalla de un oscilógrafo demuestran la veracidad de este hecho; es decir, que esas irregularidades son inapreciables en la práctica.

Este dispositivo cumple realmente, pues, con la función de un detector que se había esquematizado en la primera figura de estas explicaciones. Este *conjunto* es el que realmente recibe el nombre de *detector por diodo*.

Con respecto al circuito empleado como rectificador con filtro (vea lección 9), éste no presenta más diferencia que la de utilizar condensadores de valor mucho más reducido; lo cual es lógico si se considera que se trata de filtrar corrientes de A.F. (de 100 Kc/s en adelante) y no de 50 ciclos por segundo, caso usual en las fuentes de alimentación.



En realidad, en la señal de B.F., debido a la gran frecuencia de la portadora las irregularidades son inapreciables. Ello puede comprobarse en las fotografías tomadas de la pantalla de un oscilógrafo, que muestran una onda modulada y la correspondiente señal de B.F. detectada.
Debido al gran número de ciclos de la señal de A.F., aparece en la pantalla como una onda continua.



Un detector por diodo perfeccionado. Fíjese en la similitud de este circuito con el que se emplea para la rectificación de corrientes alternas industriales.

En ocasiones, como sucede cuando se trata de fuentes de alimentación, conviene perfeccionar el filtro. Es frecuente hallar en los radiorreceptores circuitos formados por dos resistencias y dos condensadores, constitución idéntica a la de los filtros de las fuentes de alimentación.

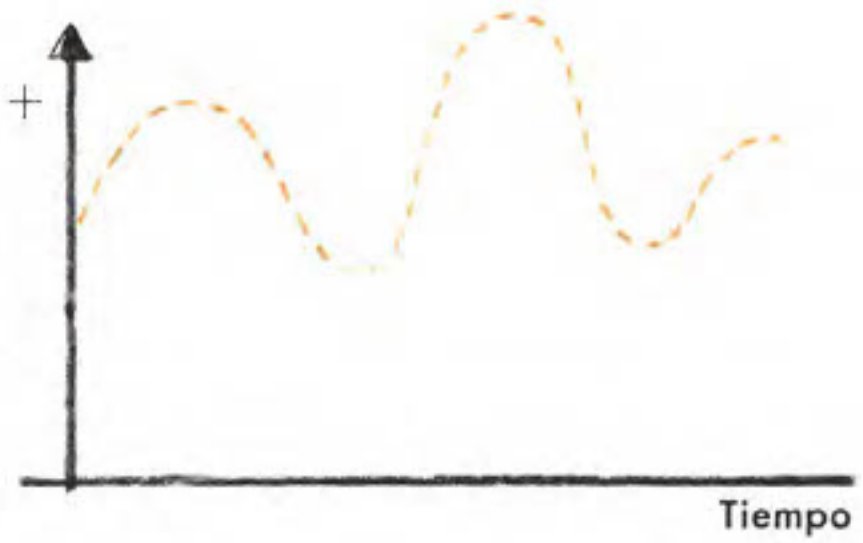
Al llegar a este punto se pregunta el lector: ¿Para qué complicar tanto las cosas, si basta con un simple diodo y un auricular para cumplir a la perfección la misión del detector, y además se halla la ventaja de que se dispone de un conjunto detector y reproductor a la vez?

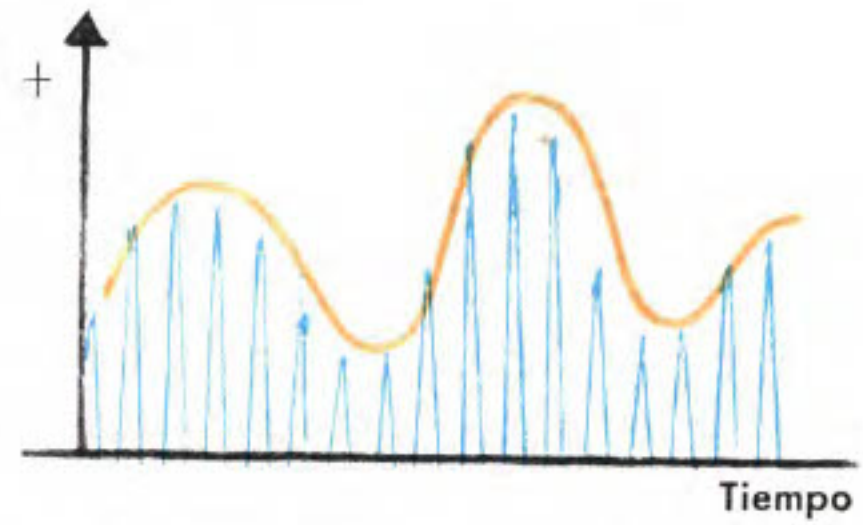
Cierto: no se halla ninguna ventaja si, en esas circunstancias, los sonidos emitidos por el reproductor tienen suficiente potencia. Por lo contra-

rio, si se precisa amplificar las señales con el fin de que sean perceptibles es preferible utilizar un sistema detector con resistencia y condensador, del tipo que antes se ha descrito, porque es más fácil construir amplificadores para las señales que suministra — de las que podría decirse que el condensador ha *rellenado* los espacios vacíos entre pico y pico — que para las que entrega a la salida un simple diodo.

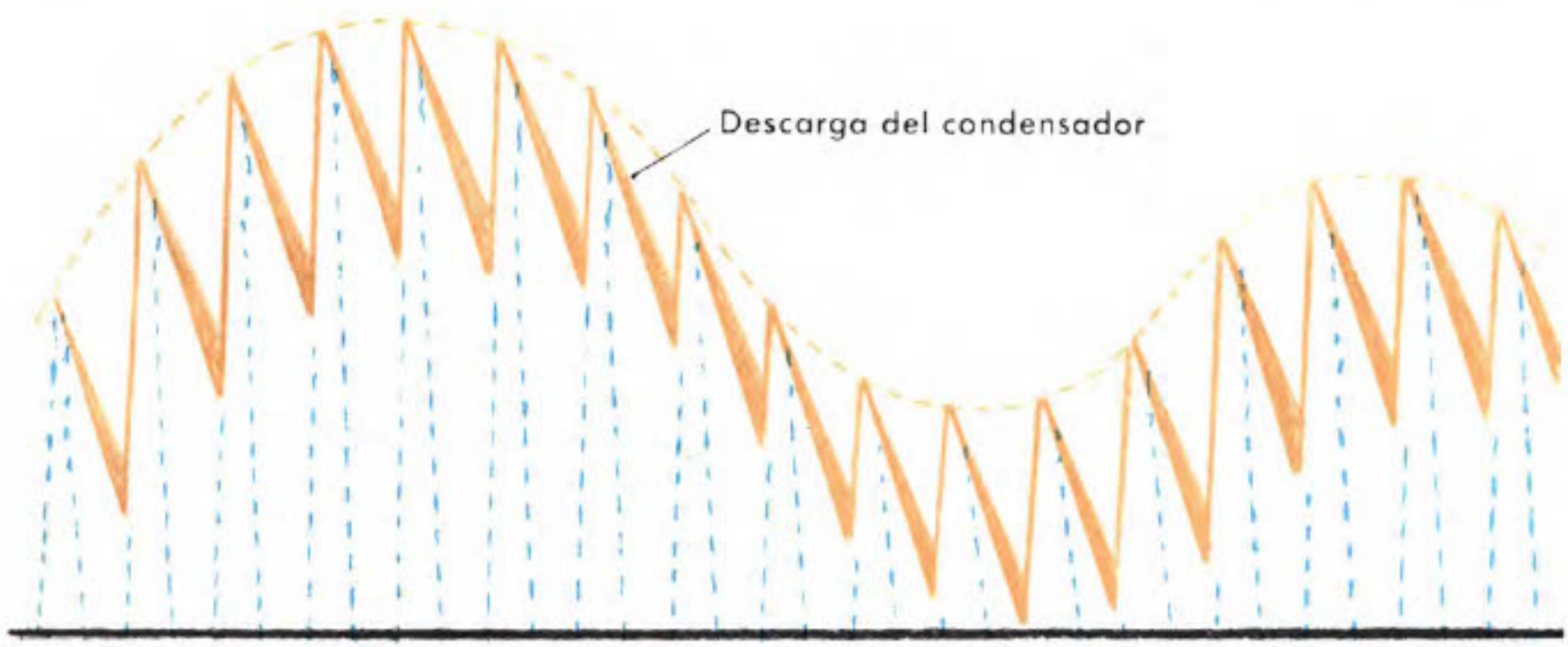
Observe que en este segundo caso el detector continúa entregando una señal de A.F., pues tiene tantos picos como la tensión alterna aplicada al diodo. En cambio, la señal que rinde un conjunto detector con resistencia y condensador es de B.F. Por consiguiente, para amplificar las señales suministradas por el primero se requiere en realidad un amplificador de A.F.; para las del segundo, uno de B.F., y estos últimos son en general de más fácil construcción.

Para que el funcionamiento de un detector sea correcto es necesario calcular con cuidado los valores de la resistencia R y del condensador C, de modo que la constante de tiempo — es decir, el producto R . C — tenga un valor determinado. Como ya sabe usted, del valor de la constante de tiempo depende que el condensador se descargue con mayor o menor rapidez. Cuando la constante de tiempo es demasiado pequeña no se mantiene la tensión que une los picos de la onda rectifica-





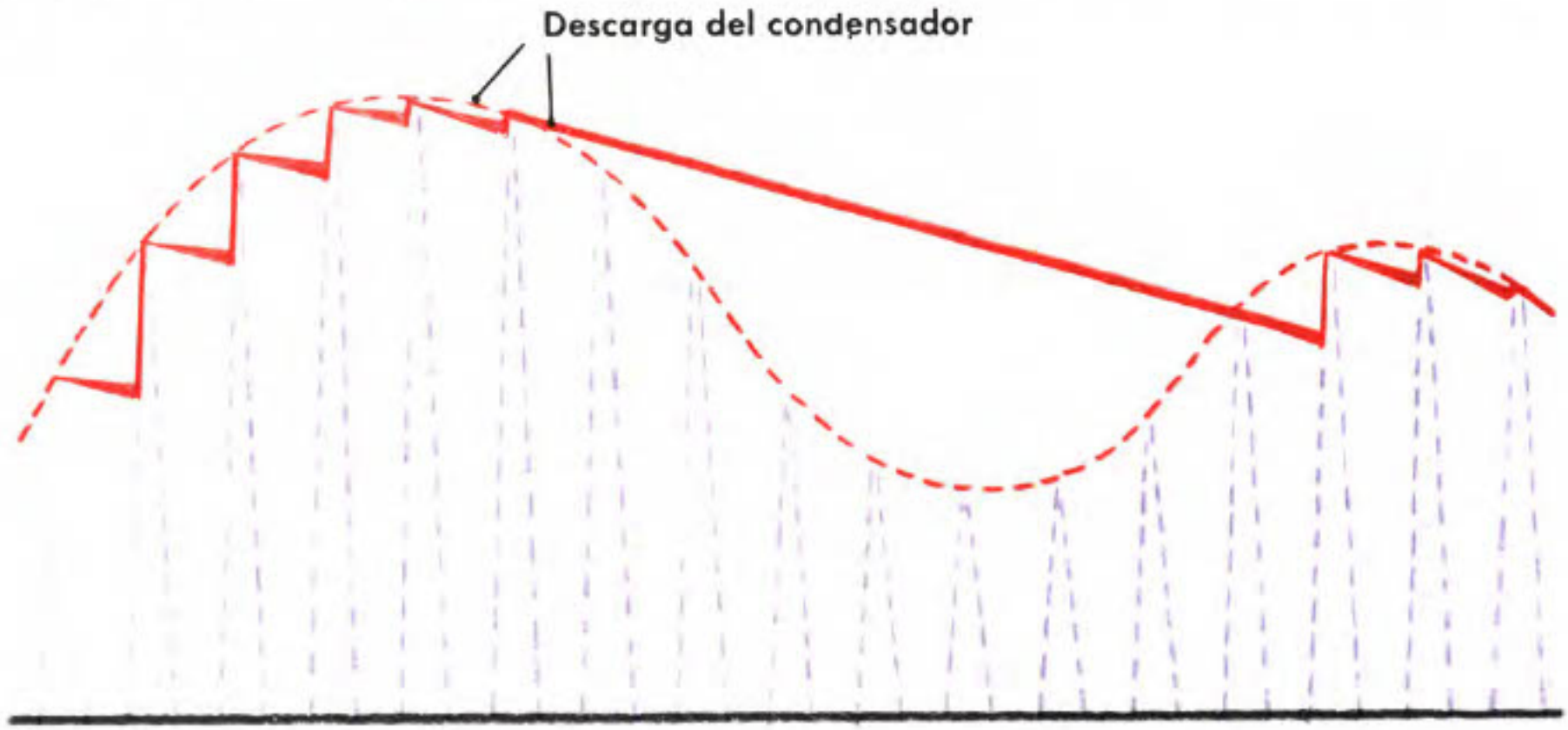
Es más difícil amplificar una señal detectada, pero no filtrada (figura inferior), que una señal que además ha sido filtrada (figura superior).



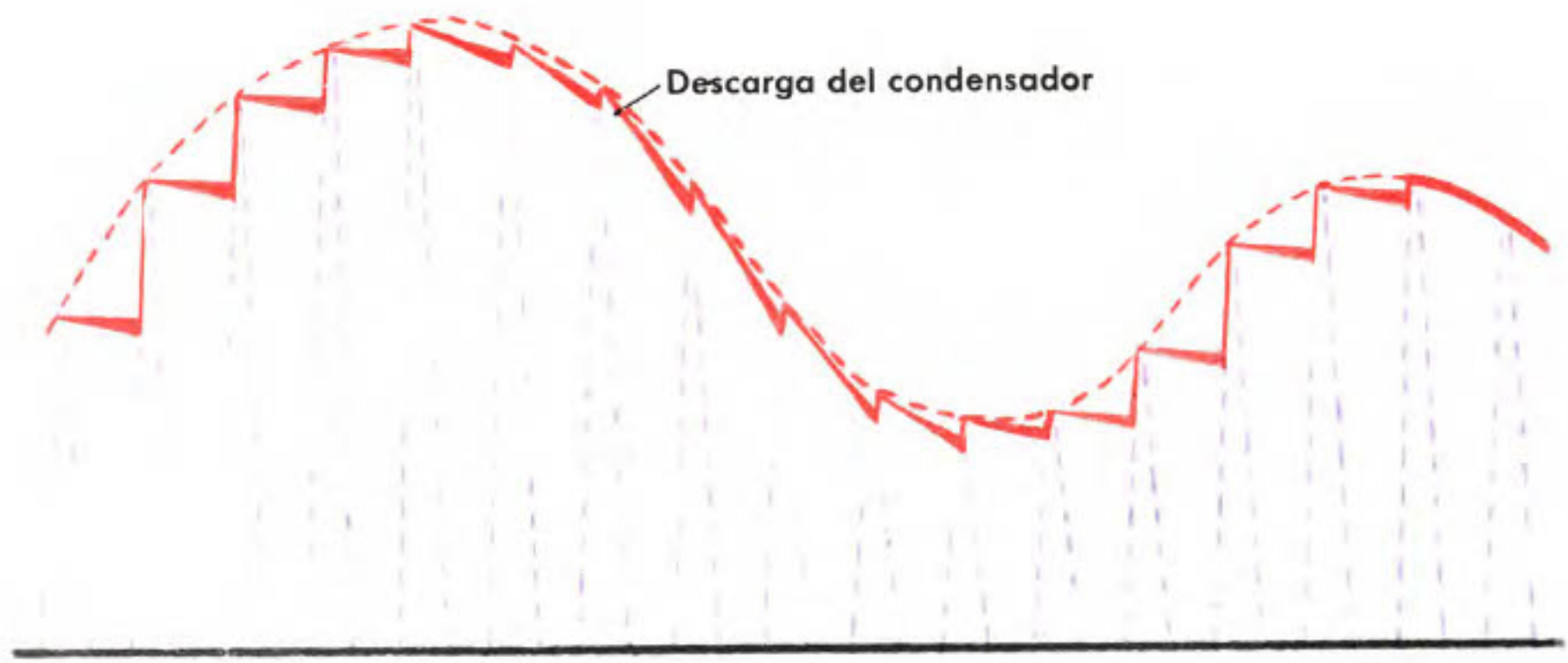
Cuando la constante de tiempo RC del detector es demasiado pequeña continuan apareciendo los picos de A.F.

da (o, en este caso, detectada), sino que desciende cada vez que el diodo esté bloqueado. Como consecuencia, siguen apareciendo los picos de A.F., con los inconvenientes que ello lleva consigo antes apuntados.

Contrariamente, cuando la constante de tiempo es demasiado grande el condensador se descarga con más lentitud; podría decirse que *rellena* en exceso los espacios que quedaban entre los picos, y se altera la forma de la señal de B.F. Se produce el fenómeno llamado DISTORSIÓN, cuya consecuencia es que la forma de dicha señal no corresponde con fidelidad a la que tiene la señal que se ha modulado. A su vez, como es natural, el sonido no queda reproducido con la fidelidad apetecible.



Por lo contrario, cuando la constante de tiempo es demasiado grande se distorsiona la señal de B.F. Observe que la curva descrita no corresponde con fidelidad a las variaciones de la tensión de A.F.



He aquí lo que se obtiene a la salida del detector cuando la constante de tiempo RC es correcta.

Para obtener la constante de tiempo adecuada, en caso de que la detección se efectúe por medio de un diodo termoiónico, acostumbra emplearse resistencias del orden de 0'5 MΩ y condensadores de unos 200 pF.

Si se detecta con diodo de germanio dichos valores suelen ser, respectivamente, 10 KΩ y 10.000 picofaradios.

¿Es idéntica la constante de tiempo en ambos casos? Vamos a comprobarlo.

Circuito con diodo termoiónico,

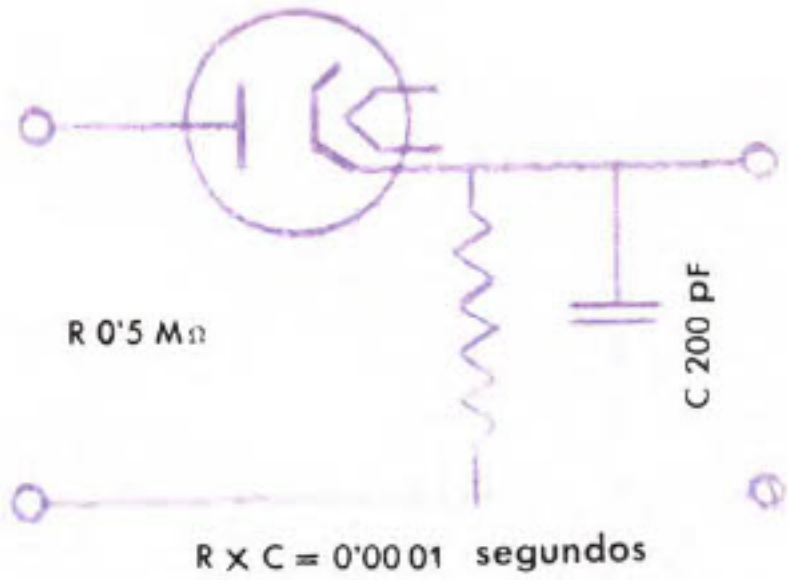
$$0'5\ M\Omega \times 0'0002\ \mu F = 0'0001 \text{ segundos.}$$

Circuito con diodo de germanio,

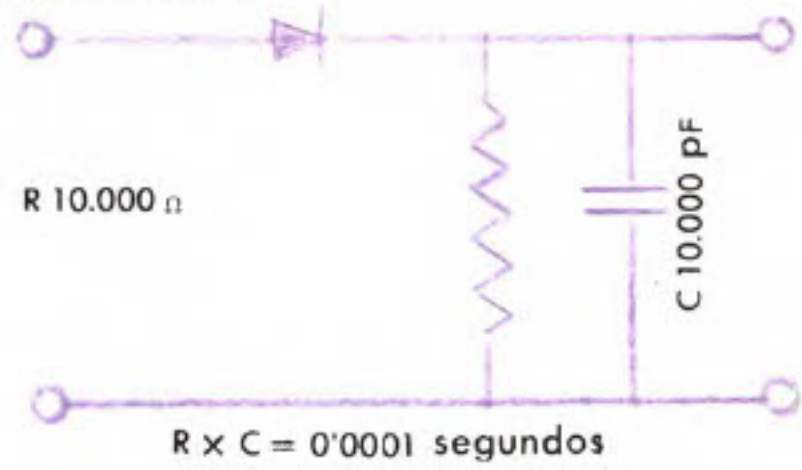
$$0'01\ M\Omega \times 0'01\ \mu F = 0'0001 \text{ segundos.}$$

Es decir, en ambos casos la constante de tiempo a que tantas veces nos hemos referido es igual a 1/10.000 de segundo (la diezmilésima parte de un segundo), tiempo inapreciable en nuestra vida cotidiana, pero, como ha visto, mensurable y apreciable por y para la radiotecnia.

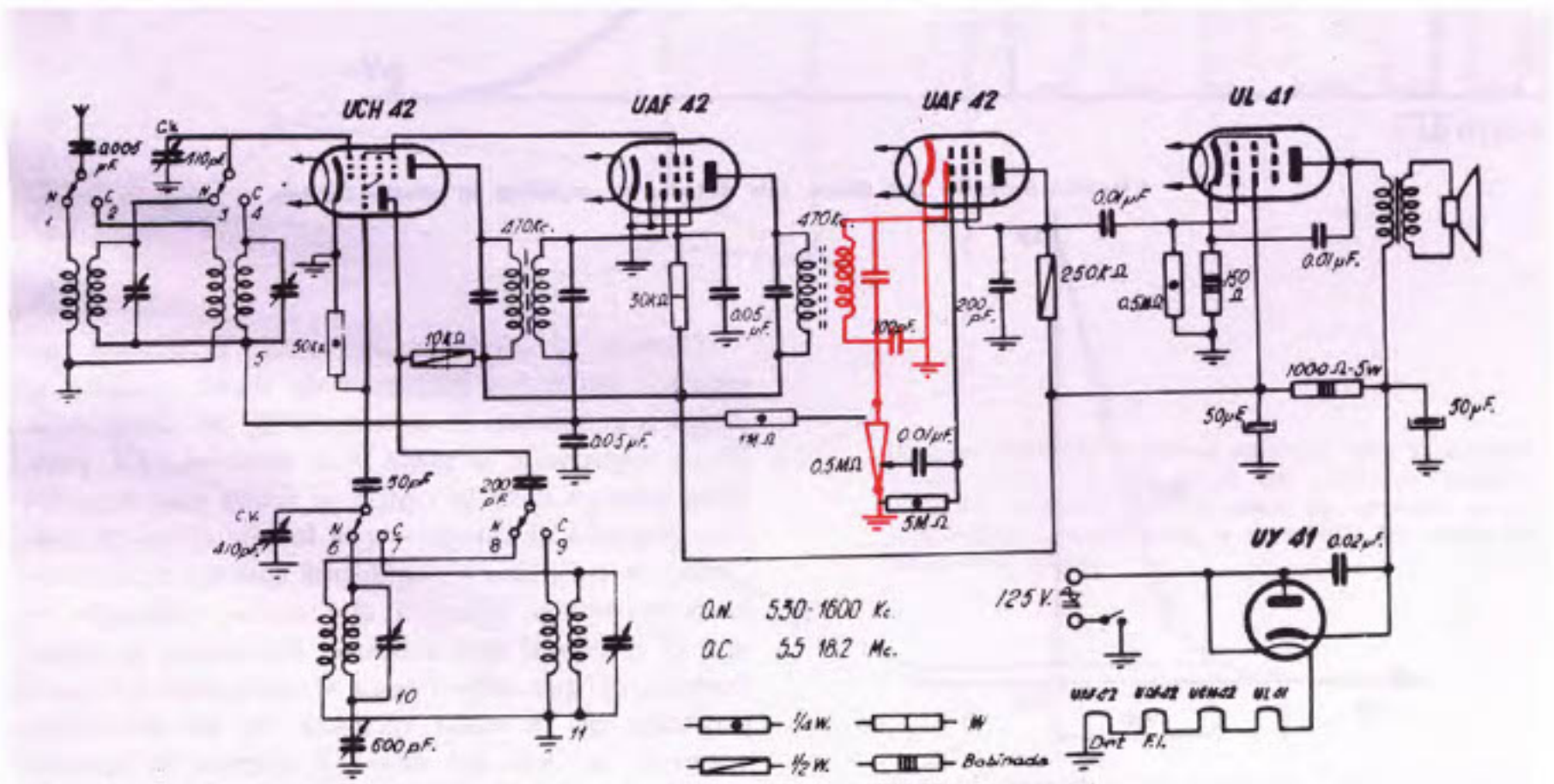
Tenga la bondad de examinar, en las figuras de esta página, un circuito que detecta por medio de un diodo termoiónico; otro que se vale de un detector de germanio y luego el esquema completo de un radiorreceptor, en el que se han marcado de forma especial los elementos que integran el conjunto detector.



Detector diodo con válvula termoiónica. Los valores de la resistencia y de la capacidad se han elegido de modo que la constante de tiempo sea igual a 0'0001 segundos.



Detector con diodo de germanio. Se han variado los valores de la resistencia y de la capacidad, aunque la constante de tiempo, como en la figura anterior, es de 0'0001 segundos.



Esquema de un receptor superheterodino de cinco válvulas, en que se ha señalado de modo especial todo lo que forma el circuito detector.

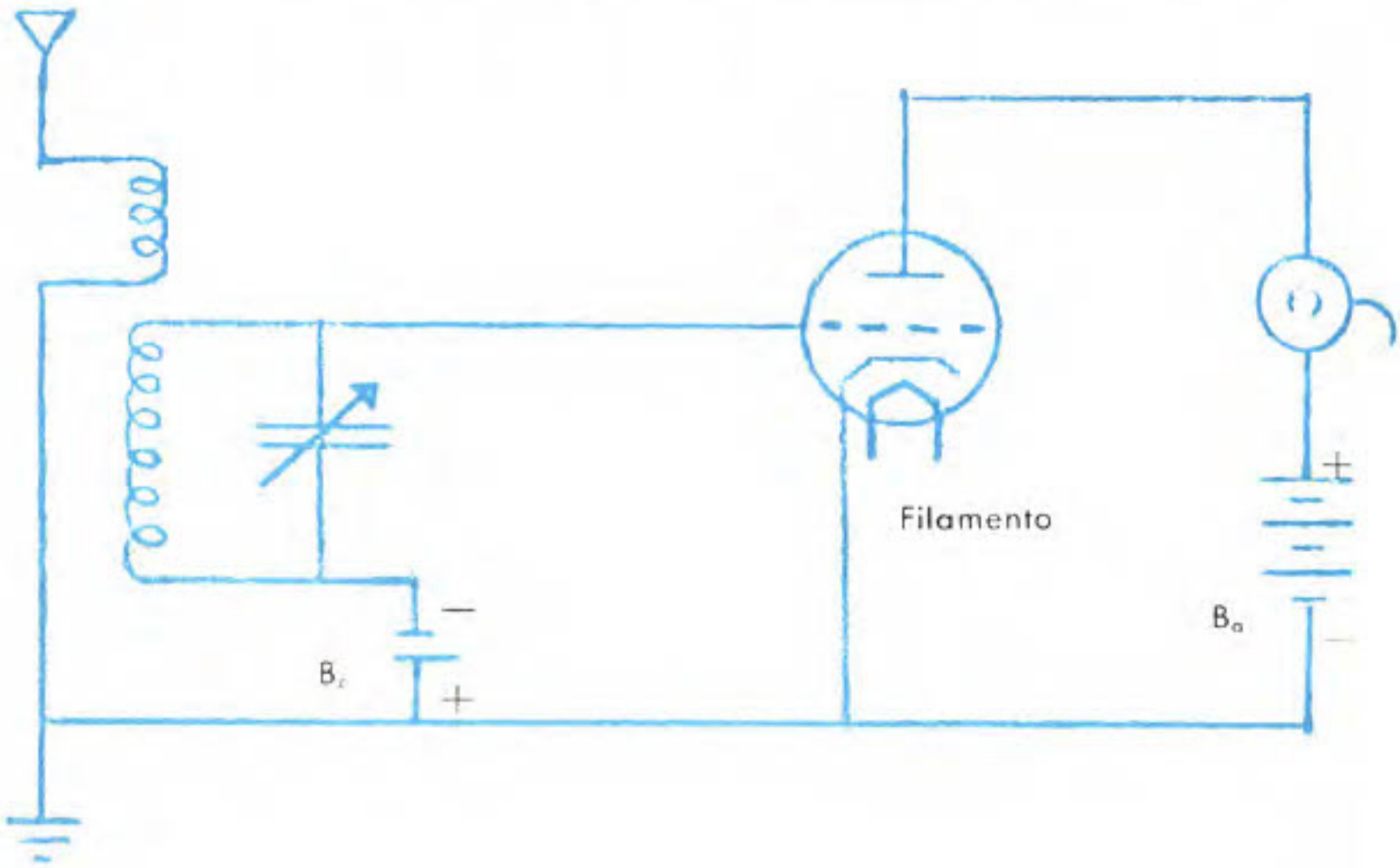
DETECCION POR TRIODO

DETECCION POR PLACA

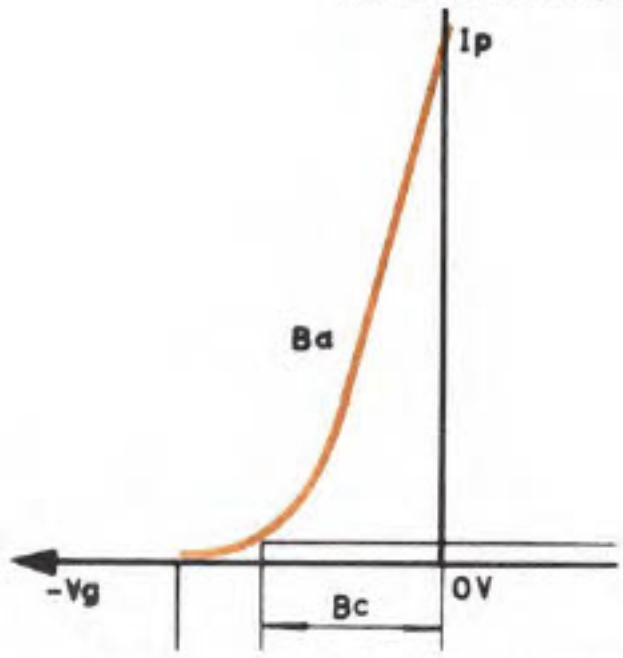
En una lección anterior hemos tratado de la posibilidad de emplear un triodo detector, así como de las ventajas que comporta este sistema, ya que con él no sólo se consigue detectar la señal, sino además amplificarla.

Para el estudio de dicho tema nos valimos del circuito que, para mayor comodidad del lector, volvemos a representar en esta misma página.

En él, una batería B_c aplica a la rejilla del triodo, a través del secundario de la bobina de antena, una tensión de polarización que la hace negativa con respecto al cátodo; de tal modo que cuando el circuito resonante no sintonice ninguna señal el triodo no conduce, o conduce muy poco.

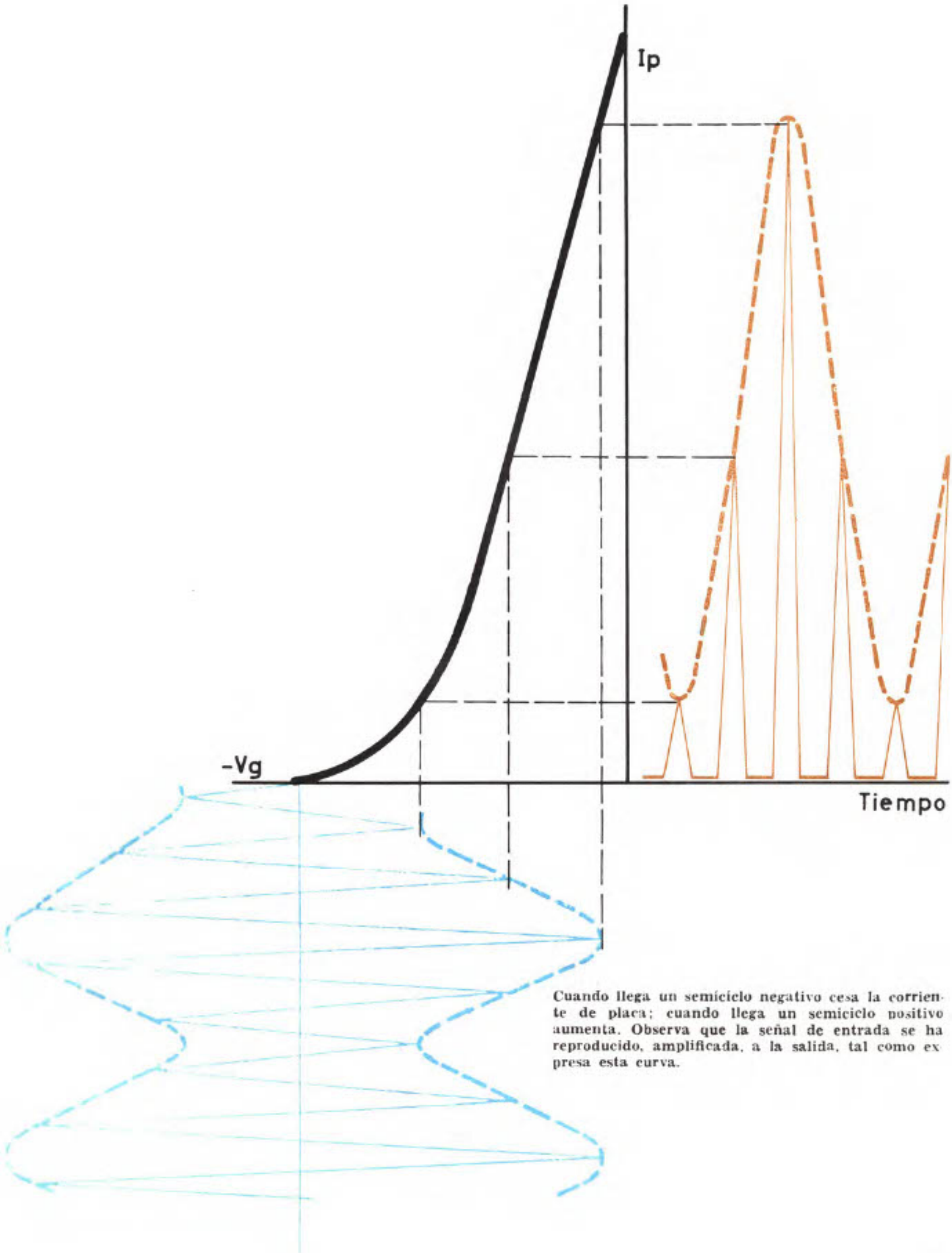


Circuito detector por placa, que detecta y amplifica al mismo tiempo.



Cuando no llega ninguna señal al detector, el triodo no conduce o, en caso de hacerlo, conduce muy poco.

Cuando se sintoniza una señal, la tensión que aparece entre los extremos de dicho circuito se añade a la tensión de la batería B_c. Se suma cuando es negativa y se resta si es positiva; así, pues, en el primer caso la rejilla se torna más negativa con respecto al cátodo — con lo que el triodo continúa sin conducir —, mientras que en el segundo caso es menos negativa que antes, momento en que el triodo sí que conduce. Por tanto, la consecuencia es que sólo llegan al auricular los picos positivos de la señal recibida. Se ha detectado, como en el caso del diodo, y además se tiene la ventaja de que es mayor la amplitud de los picos; luego se ha obtenido amplificación.



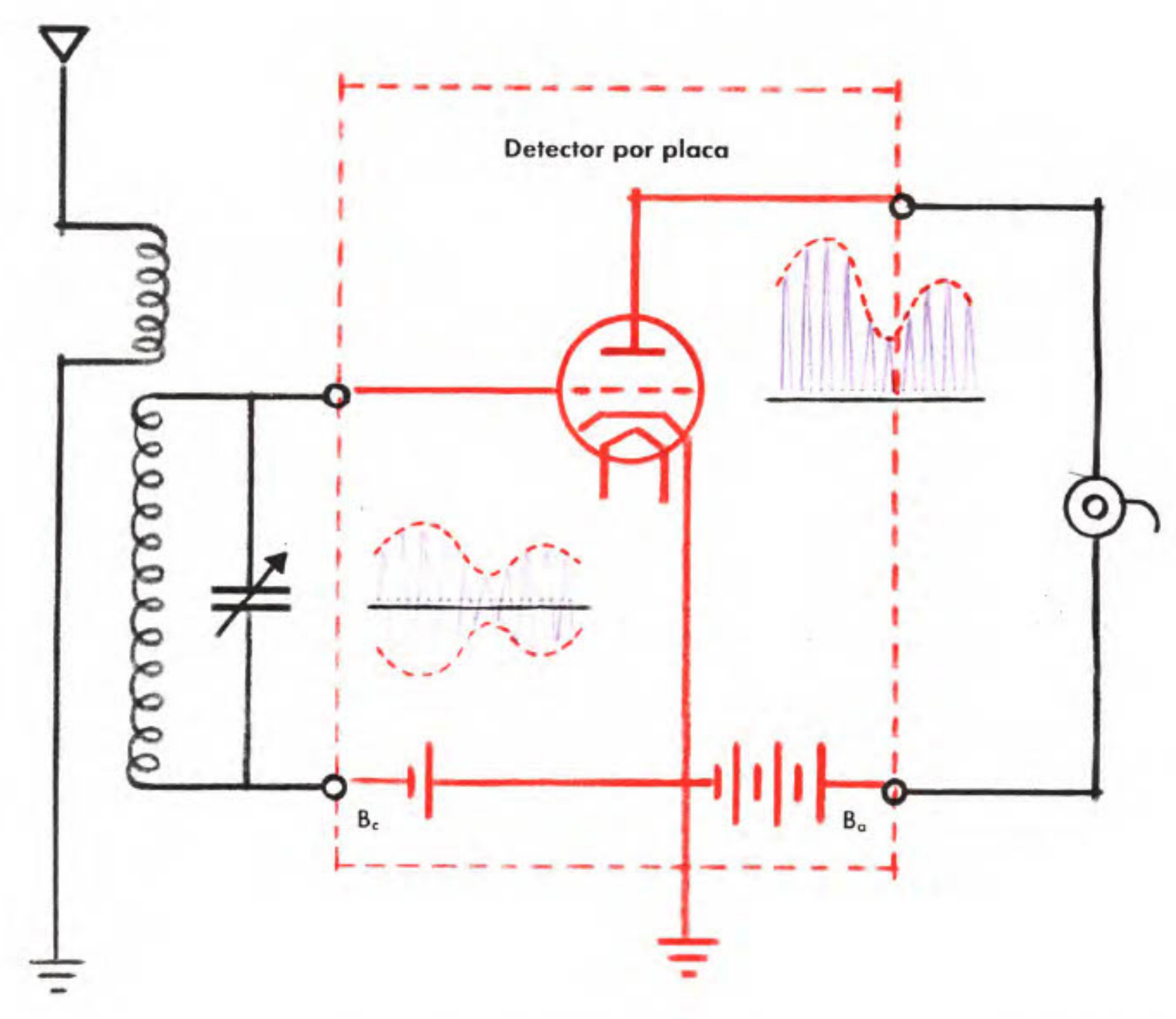
Cuando llega un semiciclo negativo cesa la corriente de placa; cuando llega un semiciclo positivo aumenta. Observa que la señal de entrada se ha reproducido, amplificada, a la salida, tal como expresa esta curva.

El dibujo adjunto expresa lo mismo que el de la página 10; se ha representado en otra forma gráfica con el solo fin de hacer más fácil el análisis del proceso de detección, poniendo claramente de manifiesto la porción del esquema que constituye el detector.

Adviértase que la señal que procede del triodo es del mismo tipo que la que se representó en una figura de la página 4; así, pues, si se desease amplificarla aún más convendría sustituir el auricular por un grupo resistencia-capacidad, del mismo modo que supusimos hacer cuando se explicó la detección por diodo.

Este modo de detectar por medio de un triodo recibe el nombre de DETECCIÓN POR PLACA, cosa llena de razón si se considera que es precisamente la placa del triodo el punto en que se efectúa la detección de la señal.

La detección por placa ofrece el inconveniente de su escasa sensibilidad en presencia de señales débiles. Al observar alguna curva característica de rejilla — por ejemplo, la que aparece en la pági-



Circuito receptor con detector por placa. La parte correspondiente al detector se ha dibujado en rojo.

na 11 —, se comprende que la amplificación del triodo sea tanto mayor cuanto mayor sea su *pendiente* (S). Pues bien, cuando se sintoniza una señal tan débil que la tensión presente en la rejilla no sobrepase la región del *codo inferior* de dicha curva, se obtiene una amplificación muy reducida, puesto que en esa misma zona la pendiente también es reducida.

El hecho de que se pierda eficiencia cuando más se necesita — es decir, cuando las señales recibidas son débiles — es un defecto que hace que este circuito sólo sea utilizado si se agrega un amplificador de A.F. que asegure que las señales llegadas al detector tienen suficiente amplitud.

En cambio, tiene dos cualidades ventajosas.

La primera es que, en ausencia de señal, el triodo está en corte (o bloqueado, o sea que no conduce); por tanto, no consume corriente de la batería B_a, lo que prolonga la vida de ésta y también la del triodo.

La segunda es que normalmente, y salvo que la señal recibida sea potentísima, la rejilla es siempre negativa; por tanto, no absorbe electrones y no circula corriente por la bobina. Recuerde que la potencia eléctrica es el producto de la tensión por la intensidad. Es decir,

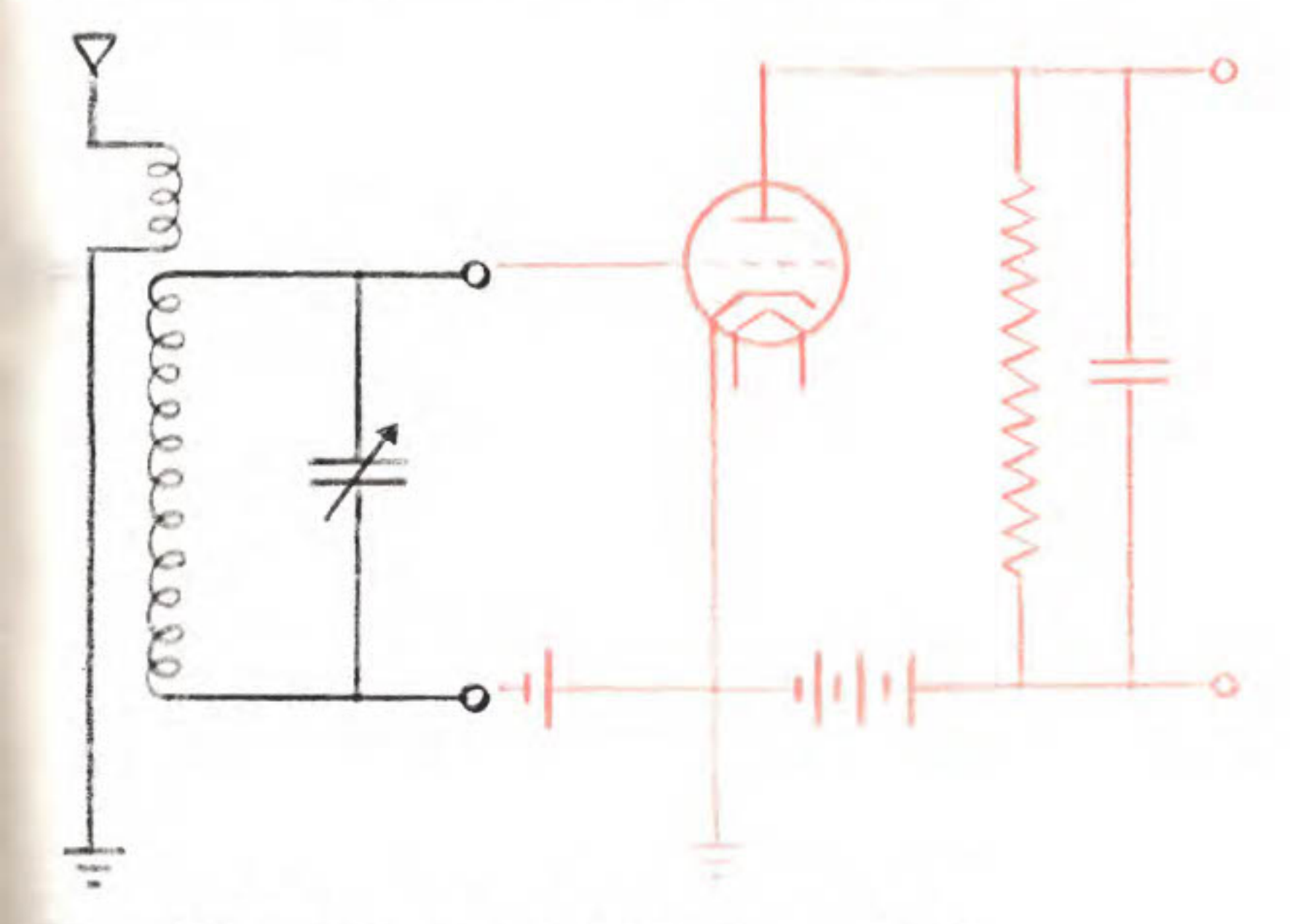
$$P = V \times I$$

Como en este caso $I = 0$, resulta que

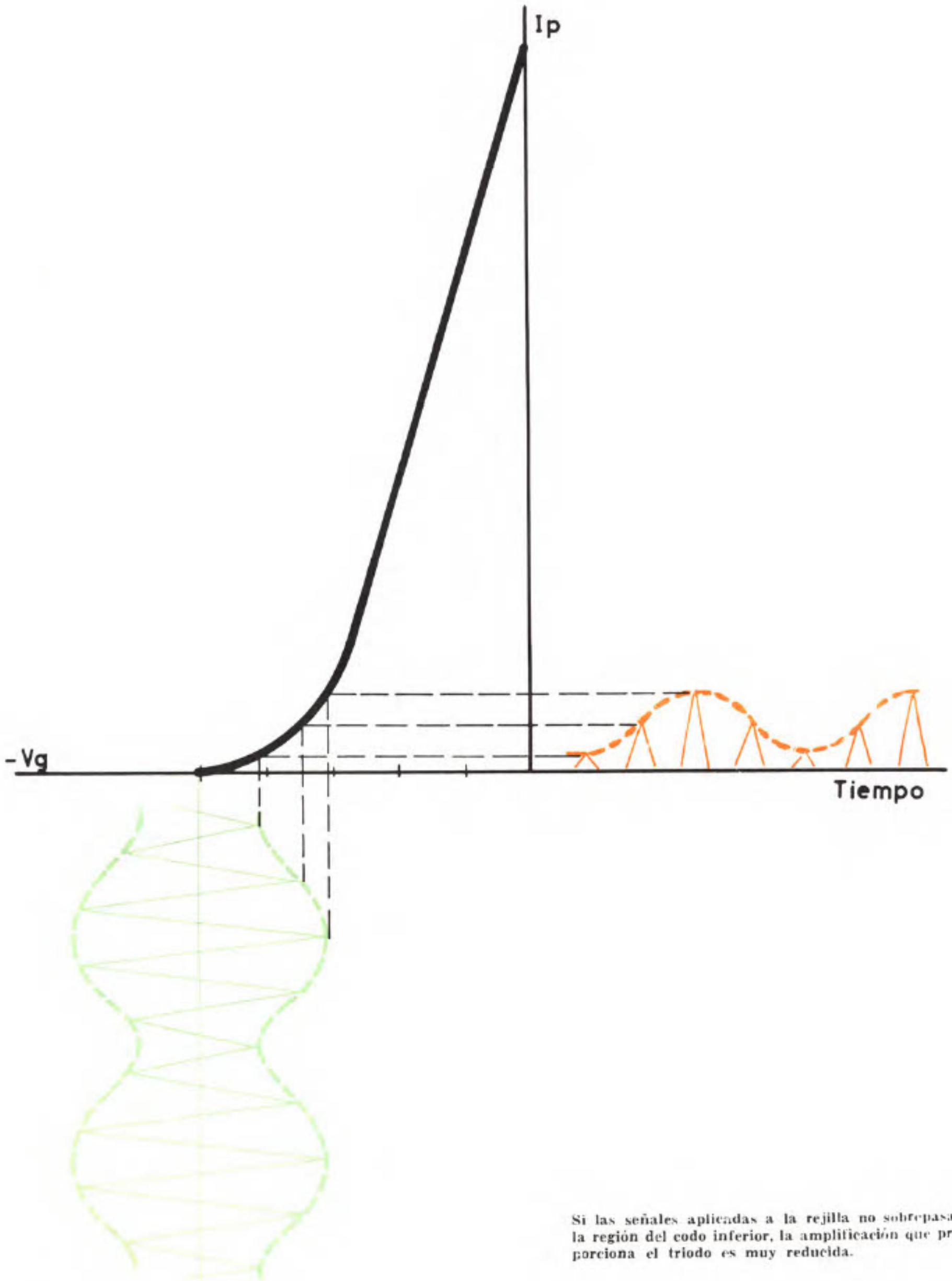
$$P = V \times 0 = 0$$

Es decir, que la bobina de sintonía no debe suministrar potencia alguna para lograr que funcione este tipo de detector. Recordemos que en el *detector por diodo*, por lo contrario, circulaba corriente cada vez que la bobina se hacía positiva con respecto al cátodo.

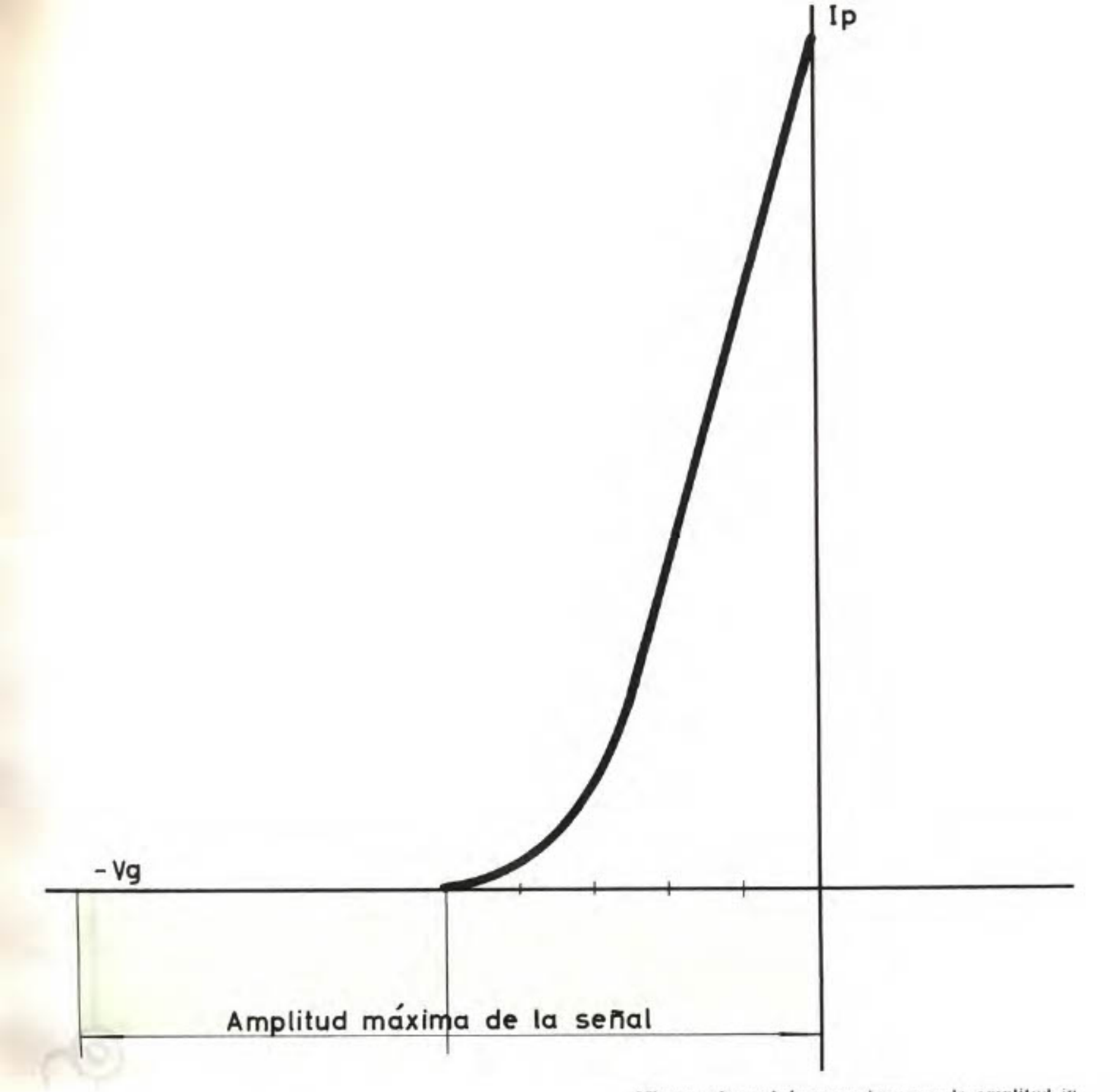
Un estudio más profundo de la cuestión demostraría que siempre es necesario suministrar cierta potencia al detector para lograr que entre en acción. De todas formas, dicha potencia es mucho más reducida en un detector por placa que en un detector por diodo. El hecho de que la bobina no haya de suministrar corriente beneficia la selectividad del receptor, como veremos en lecciones posteriores.



Si la señal de B.F. ha de sufrir una posterior amplificación se sustituye el auricular por un grupo RC.



Si las señales aplicadas a la rejilla no sobrepasan la región del codo inferior, la amplificación que proporciona el triodo es muy reducida.



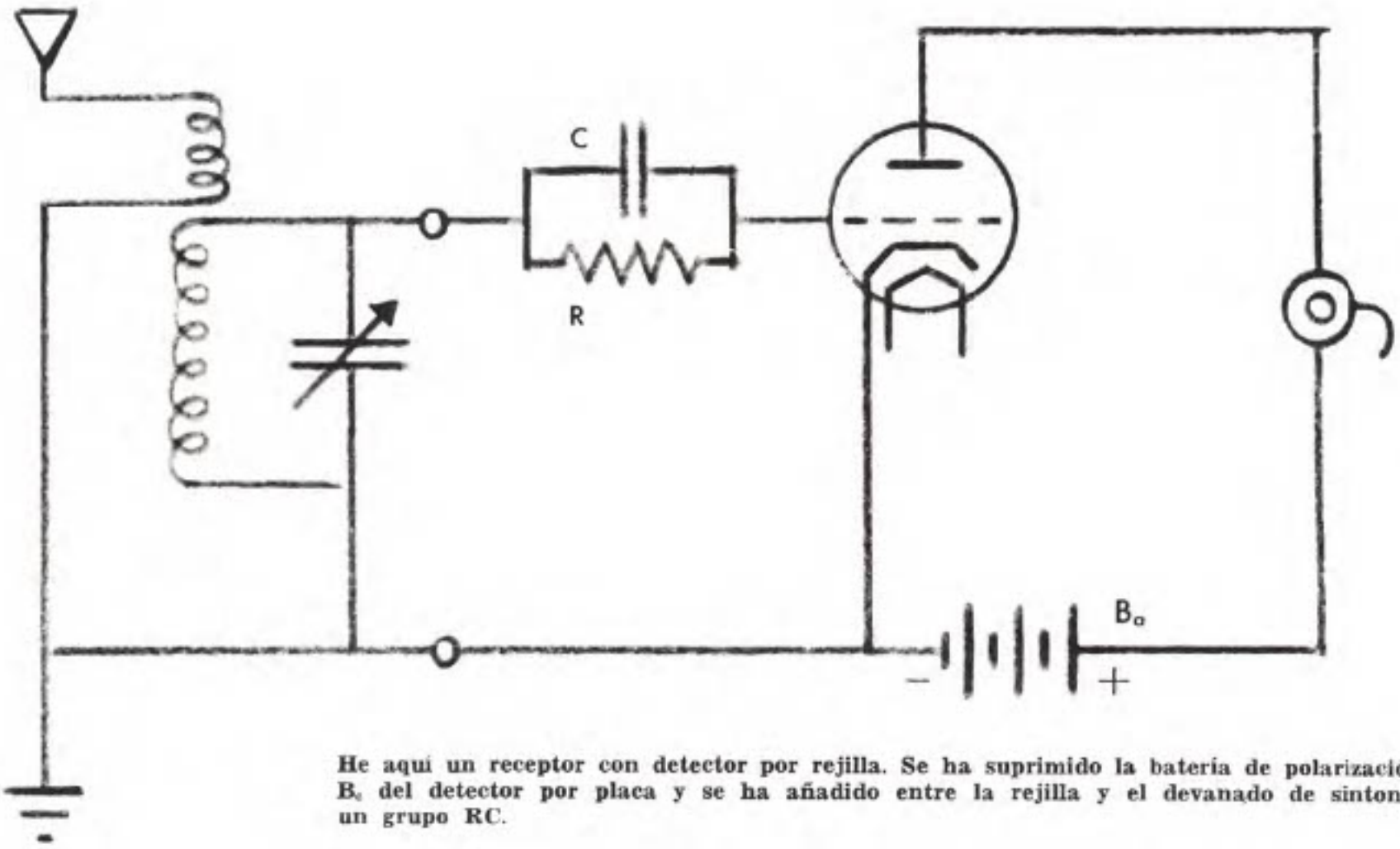
Mientras las señales no sobrepasen la amplitud indicada —es decir, mientras no se haga positiva la rejilla—, no pasará corriente por la bobina.

DETECCION POR REJILLA

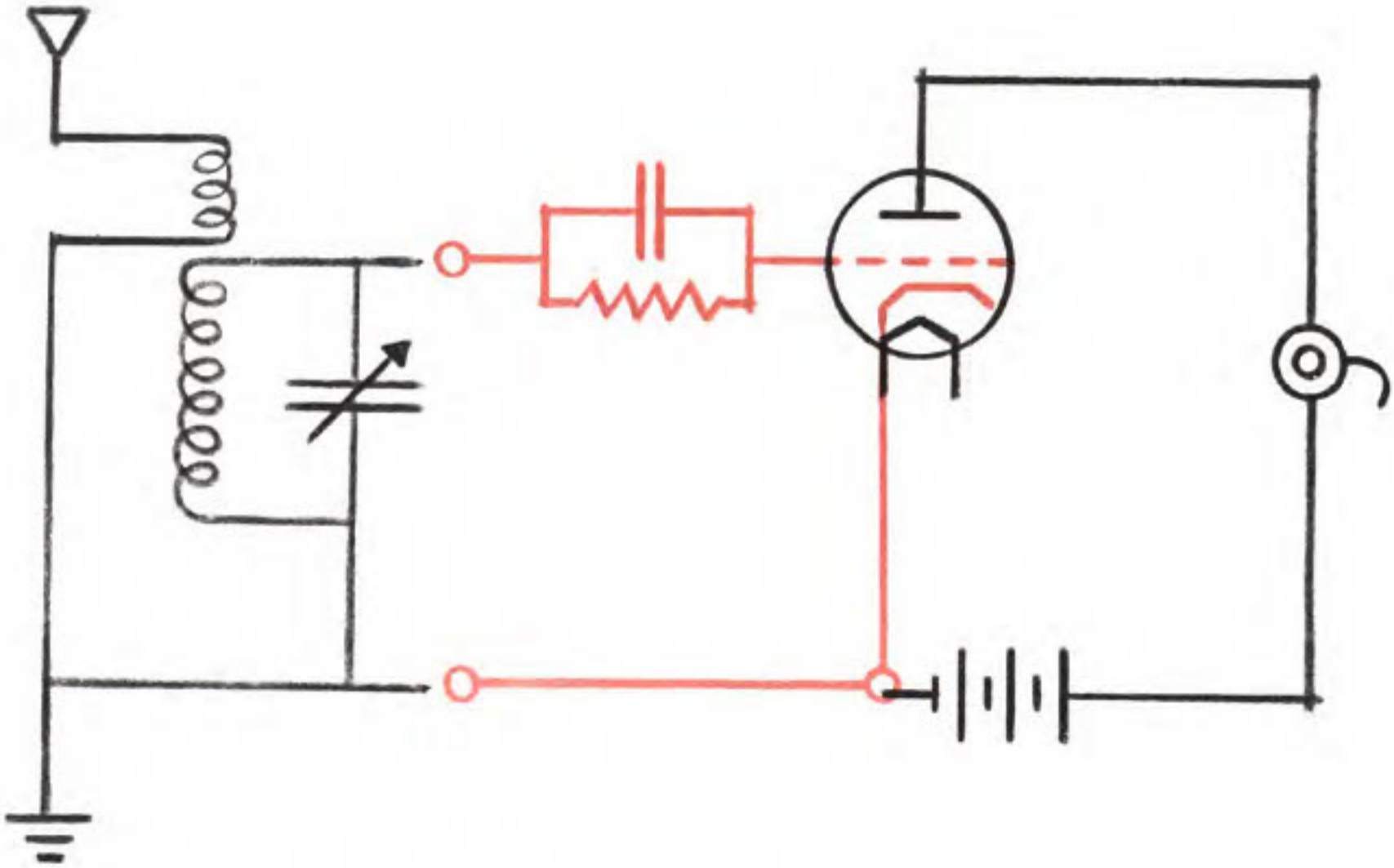
Lo mismo que en el anterior, también se emplea un triodo termoiónico en este sistema. La sencillez de este circuito y su gran sensibilidad son cualidades que hacen que sea muy empleado en la práctica.

En la figura inmediata podrá ver el circuito de un detector de este tipo. Como verá, difiere del anterior por la supresión de la batería B_c, con que se polarizaba la rejilla, y por la adición — entre el circuito oscilante y la rejilla del triodo — de un conjunto formado por una resistencia y un condensador en paralelo. Aquélla es la llamada resistencia de escape de rejilla; éste, condensador de rejilla.

El DETECTOR POR REJILLA se basa en el mismo principio que el detector por diodo. En efecto, la rejilla y el cátodo del triodo equivalen a un diodo, en el que la rejilla actúa como ánodo. Compare la figura con la que muestra un detector por diodo (página 5) y podrá apreciar que en realidad la rejilla y el grupo resistencia-capacidad agregado a ella constituyen un detector diodo.



He aquí un receptor con detector por rejilla. Se ha suprimido la batería de polarización B_o del detector por placa y se ha añadido entre la rejilla y el devanado de sintonía un grupo RC.



Una parte del detector por rejilla, la señalada en rojo, es en realidad un detector a diodo.

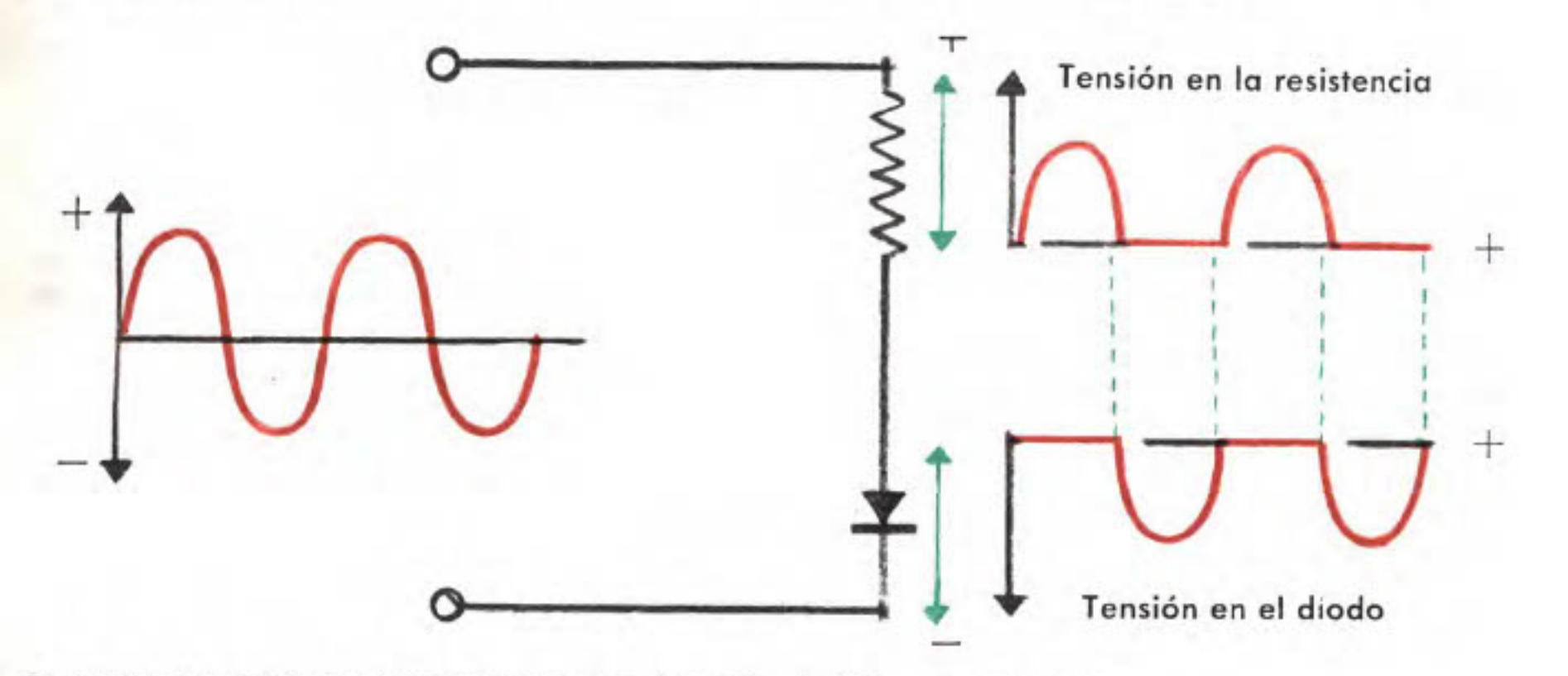
Ahora conviene analizar algunas particularidades del detector por diodo.

Consideremos, para empezar, el circuito formado por un diodo y una resistencia, al que se aplica una corriente alterna.

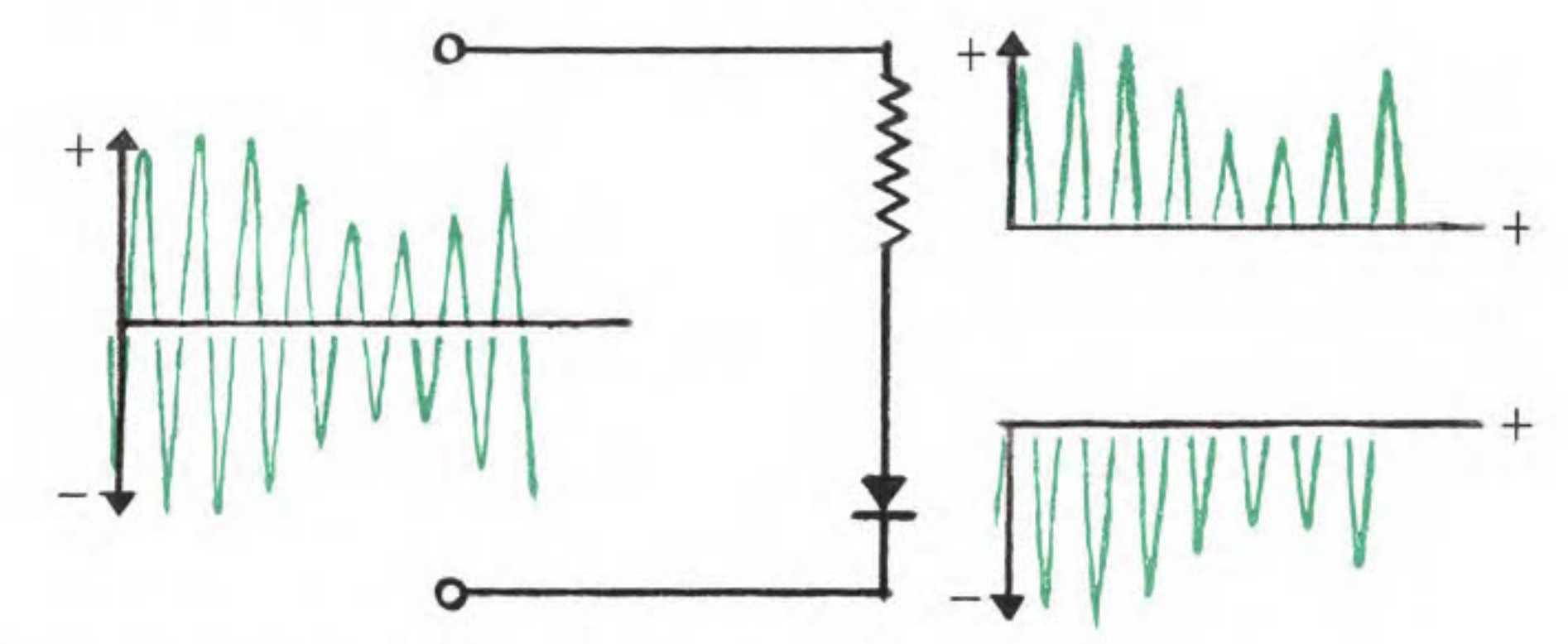
El lector ya sabe cómo funciona este circuito, pues lo hemos estudiado al tratar de la rectificación. La corriente sólo circula en el sentido que indica la flecha; por tanto, sólo aparecen en la resistencia los picos positivos de la tensión. Como la tensión alterna aplicada se reparte entre la resistencia y el diodo, es obvio que en el diodo se hallan los picos negativos.

Una ojeada a la figura relativa a este texto demuestra con suma claridad que la suma de la tensión en el diodo, más la tensión en la resistencia, equivale a la tensión alterna que se haya aplicado al circuito.

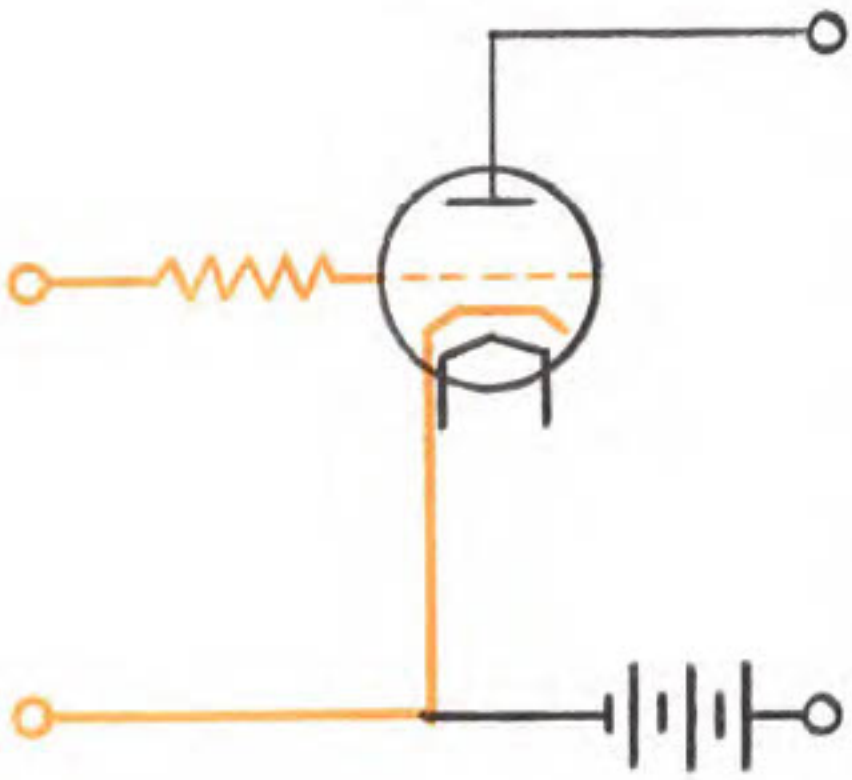
Si se aplica a ese circuito una tensión alterna de A.F. modulada en amplitud, la tensión también se reparte entre el diodo y la resistencia. Vea en la figura inmediata la representación gráfica de este fenómeno; llegará a la deducción de que puede considerarse indistintamente como señal detectada la que aparece entre los extremos de la resistencia o entre los del diodo.



En un circuito rectificador las tensiones se reparten entre el diodo y la resistencia.



La tensión alterna de una onda de A.F. modulada en amplitud se reparte entre el diodo y la resistencia.



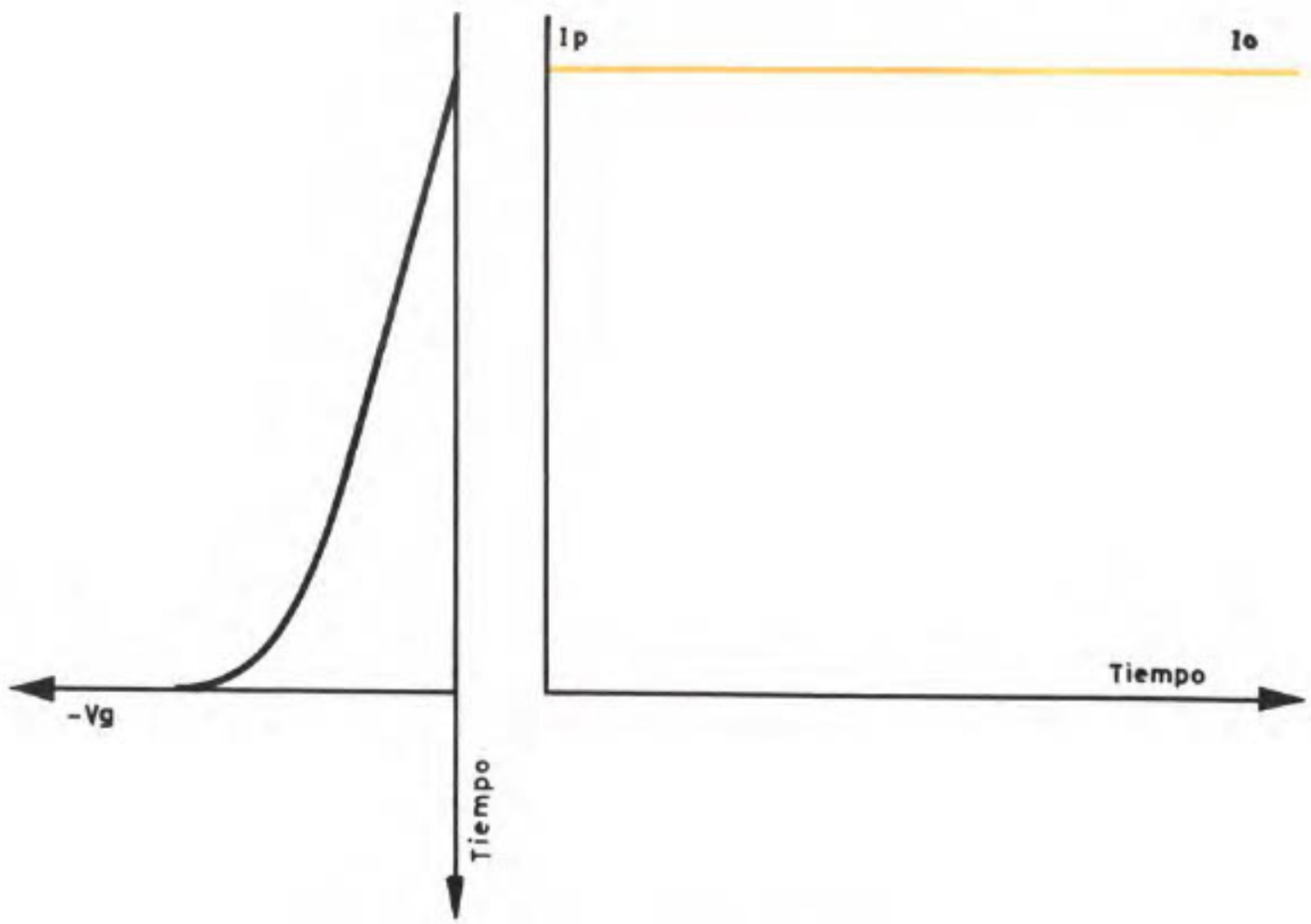
Circuito básico de un detector por rejilla.

Vamos ahora por el análisis de esta nueva figura. Hemos señalado en color el circuito formado por la rejilla y el cátodo del triodo y por la resistencia conectada a la rejilla. Ese circuito se comporta exactamente en la misma forma que el formado por la resistencia y el diodo que acabamos de analizar.

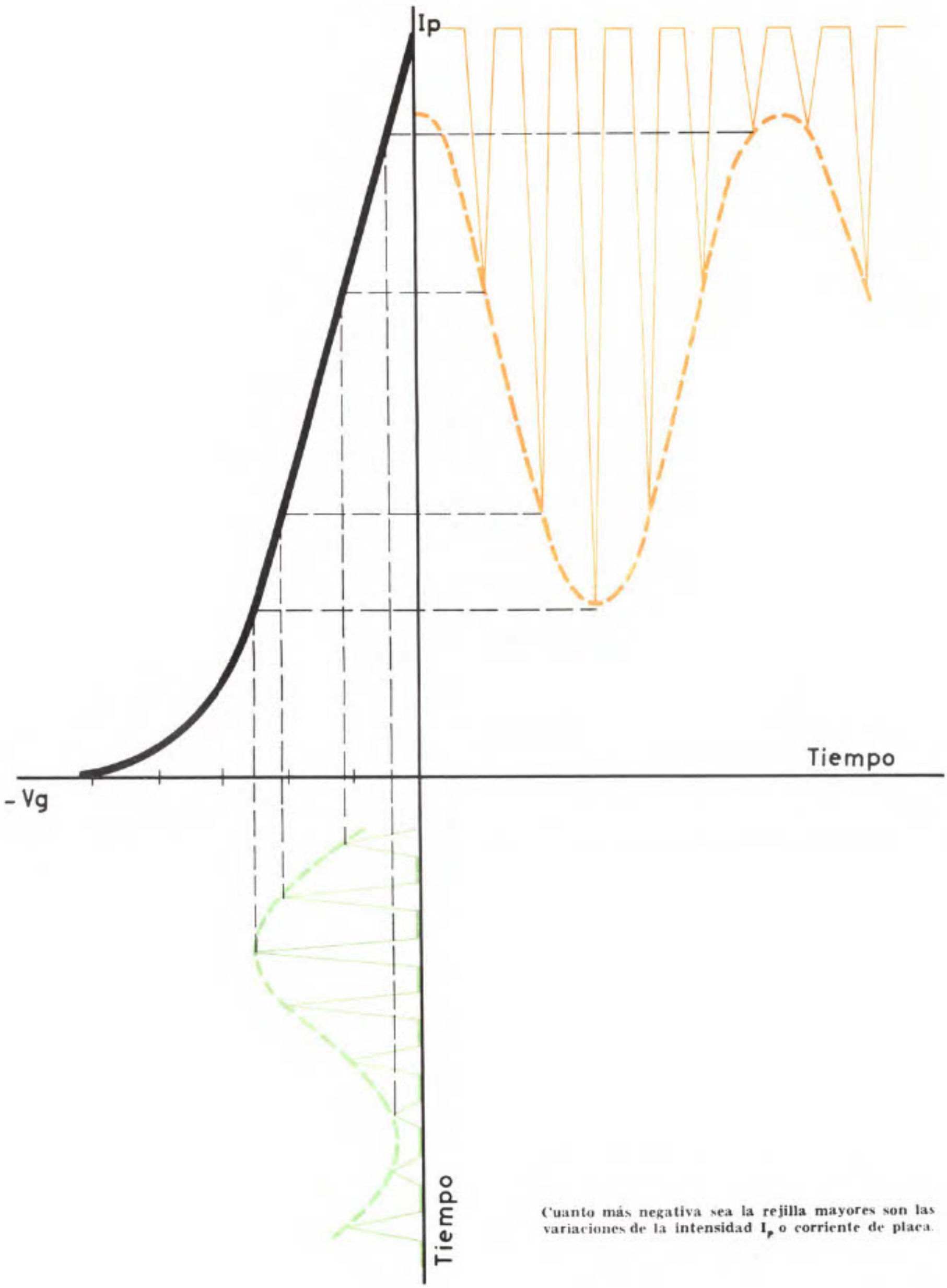
Por otra parte, observe que el circuito total es idéntico al que hemos llamado detector por rejilla, salvo en el hecho de que se ha suprimido el condensador que se hallaba en paralelo con la resistencia.

Cuando no llegue ninguna señal sintonizada, dado que en este circuito no existe la batería B_c, no se halla tensión en la rejilla; y como ésta se une al cátodo a través de la bobina de sintonía y de la resistencia R, por fuerza se halla al mismo potencial que el cátodo.

En nada altera el resultado el hecho de que se haya intercalado una resistencia en el circuito. Como no circula corriente por la resistencia, no se halla tensión entre sus extremos. Así, pues, en ausencia de señal, la tensión V_g es igual a cero y la intensidad que circula por el triodo es la indicada con I_o en el gráfico inmediato.



Cuando no llega tensión a la rejilla la intensidad es L.

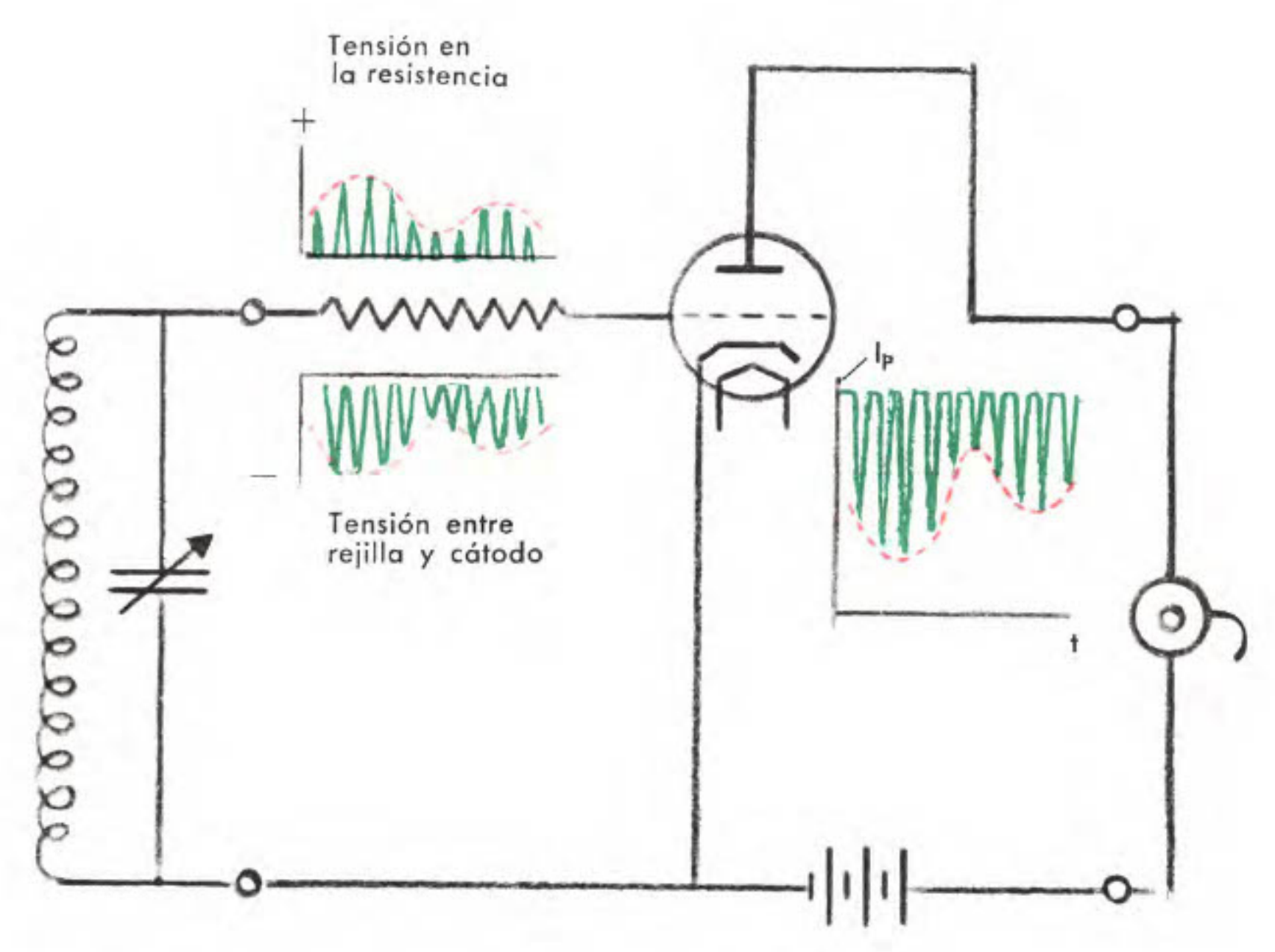


Cuanto más negativa sea la rejilla mayores son las variaciones de la intensidad I_p o corriente de placa.

Cuando se sintoniza alguna señal aparecen entre la rejilla y el cátodo los picos negativos que se señalaron en las figuras anteriores, por lo que la corriente de placa experimenta variaciones en la forma que explica un nuevo gráfico.

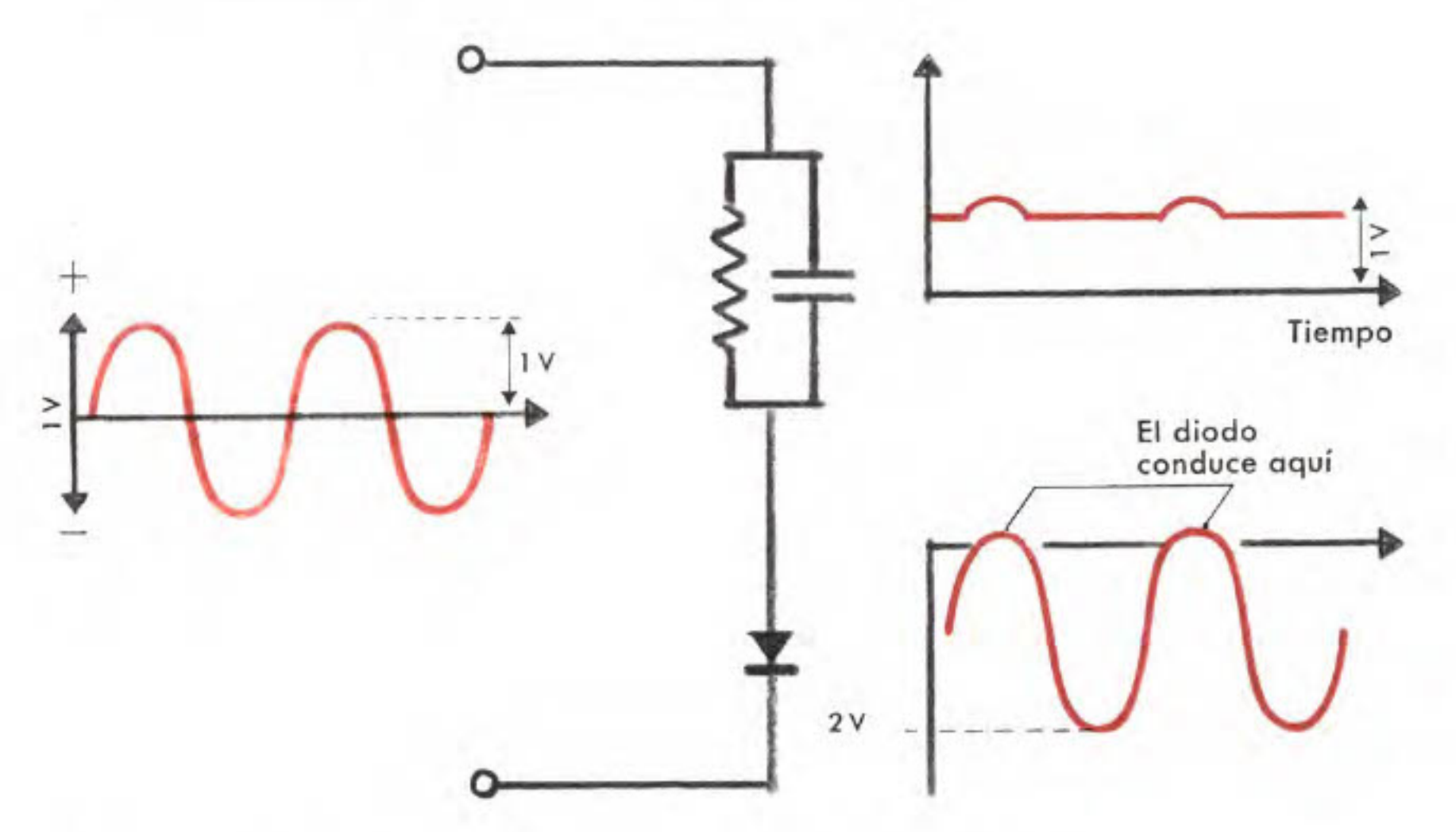
En este montaje la señal queda detectada en la rejilla; de ahí que se le conozca por el nombre de detector por rejilla. Las variaciones de la corriente de placa reproducen las mismas variaciones, o señal, presentes en la rejilla, pero con una amplitud mucho mayor; es decir, que se ha efectuado un proceso de amplificación al mismo tiempo.

Hasta aquí no hemos hecho ninguna referencia a la función que desempeña el condensador del esquema de la página 16. Es necesario, para comprender en qué forma influye en el funcionamiento del detector por rejilla dicho condensador, que demos un repaso al funcionamiento del detector por diodo.



También este circuito detecta y amplifica, tal como demuestran los diagramas de esta figura.

Si le aplicamos una tensión alterna *no modulada*, por la acción del condensador, la tensión entre los extremos de la resistencia apenas varía y tiene un valor casi igual al del pico de la tensión alterna aplicada a la entrada; punto que usted ya ha estudiado. Como esa tensión alterna se reparte entre el diodo y el grupo resistencia-capacidad, la tensión que aparece entre los extremos del diodo tiene el aspecto representado en la figura. Compruebe que de la suma de las dos tensiones dibujadas a la derecha de la figura — tenga en cuenta que una es positiva y la otra negativa — se obtiene precisamente la tensión alterna aplicada al circuito.



En un rectificador con filtro la tensión en el diodo es casi siempre negativa, salvo en el corto intervalo en que el diodo conduce; es como si la tensión de entrada hubiese sido "empujada hacia abajo" de forma que se apoye en la línea de cero.

Y ahora, veamos de qué modo ha modificado la inclusión del condensador el funcionamiento del circuito.

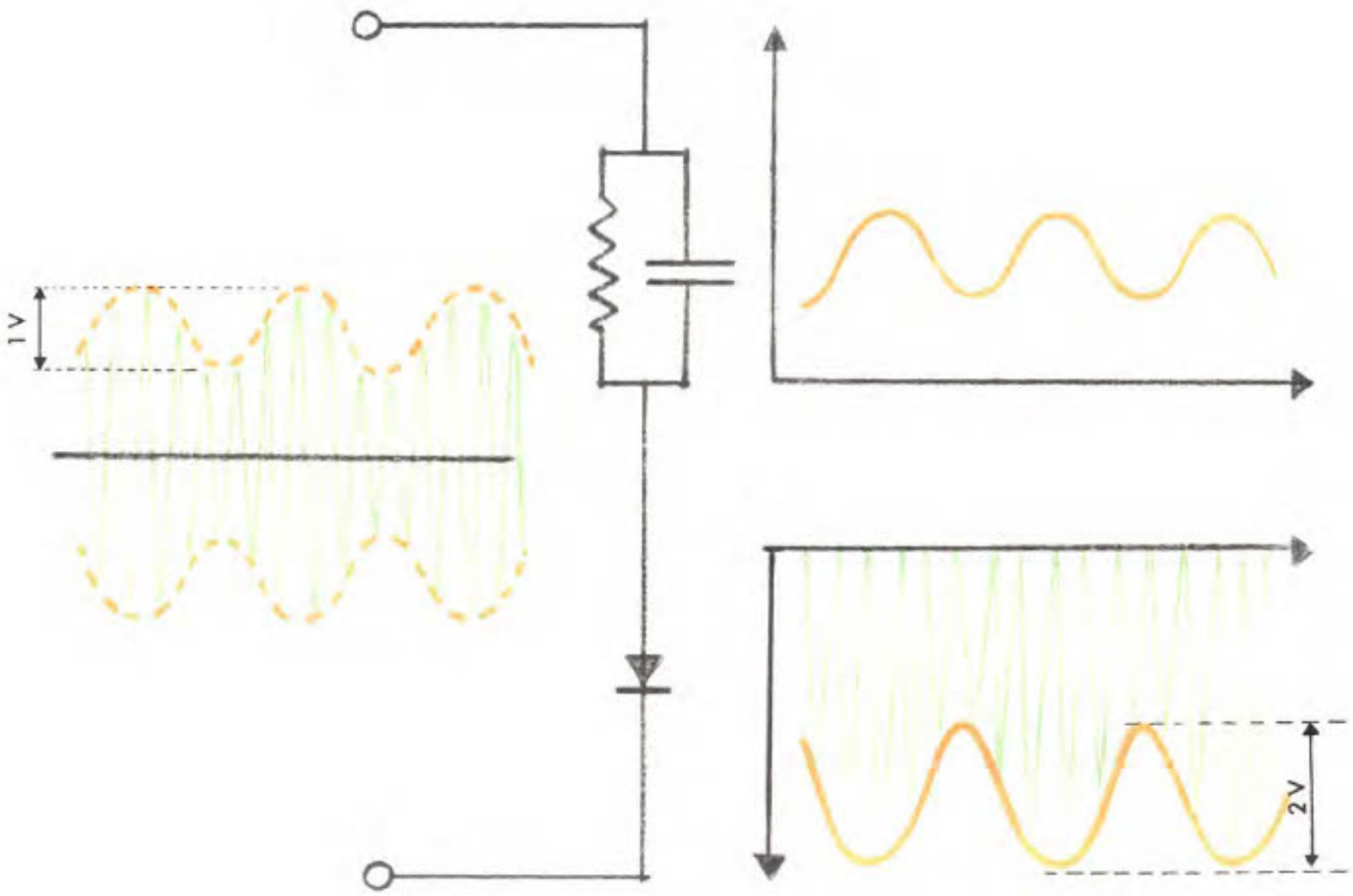
En primer lugar, la tensión presente entre los extremos del diodo ha dejado de tener la misma forma que los semiperíodos negativos de la tensión alterna: tiene una forma prácticamente igual que la de la totalidad de la tensión alterna. Sin embargo, la línea de cero no corta la senoide por el centro, sino casi por el extremo de los picos positivos. La consecuencia es que la tensión en el diodo es negativa durante casi la mayor parte de la duración de cada ciclo o período.

En segundo lugar, en estas condiciones el diodo no conduce durante un semiperíodo completo, sino sólo durante los breves tiempos en que el ánodo es positivo con respecto al cátodo.

Pues bien: la consecuencia es que si a un circuito de este género aplicamos una tensión de A.F. modulada en amplitud, aparecerá en el grupo resistencia-capacidad la tensión de B.F., según vimos al tratar del detector por diodo; y en el propio diodo una tensión de A.F. en que los picos positivos pasarán justamente por la línea de cero.

Si se suman ambas tensiones se halla la misma tensión que la que se aplicó a la entrada del circuito. Véalo en la figura, y note además un hecho lleno de interés:

POR CAUSA DE QUE TODOS LOS PICOS POSITIVOS DE LA SEÑAL SE HALLAN A UN MISMO NIVEL, Y SÓLO SOBREPASAN MUY LIGERAMENTE LA LÍNEA DE CERO, LOS PICOS NEGATIVOS REPRODUCEN LA SEÑAL DE B.F. CON UNA AMPLITUD JUSTAMENTE IGUAL AL DOBLE DE LA QUE TIENE EN EL GRUPO RESISTENCIA-CAPACIDAD.



Cuando a un detector con filtro se le aplica una onda modulada en amplitud, como antes, en los extremos del diodo los picos positivos bajan hasta el nivel de la línea de cero, por lo que los picos negativos dibujan la señal de B.F. con doble amplitud. Entre extremos del grupo RC, aparece la señal de B.F. con la amplitud original, tal como hemos visto al estudiar la detección por diodo.

Una sencilla experiencia aclarará la cuestión de forma gráfica. Si cortamos a diversas longitudes una serie de palillos y los disponemos en la forma indicada, obtendremos una representación gráfica de la forma de la onda de A.F. modulada en amplitud. Cuando los empujemos hacia abajo con el borde de una regla, veremos que la forma señalada por sus extremos inferiores tiene doble amplitud que la primitiva. En otras palabras, hablando en términos físicos, se habrá duplicado la amplitud de la señal de B.F.

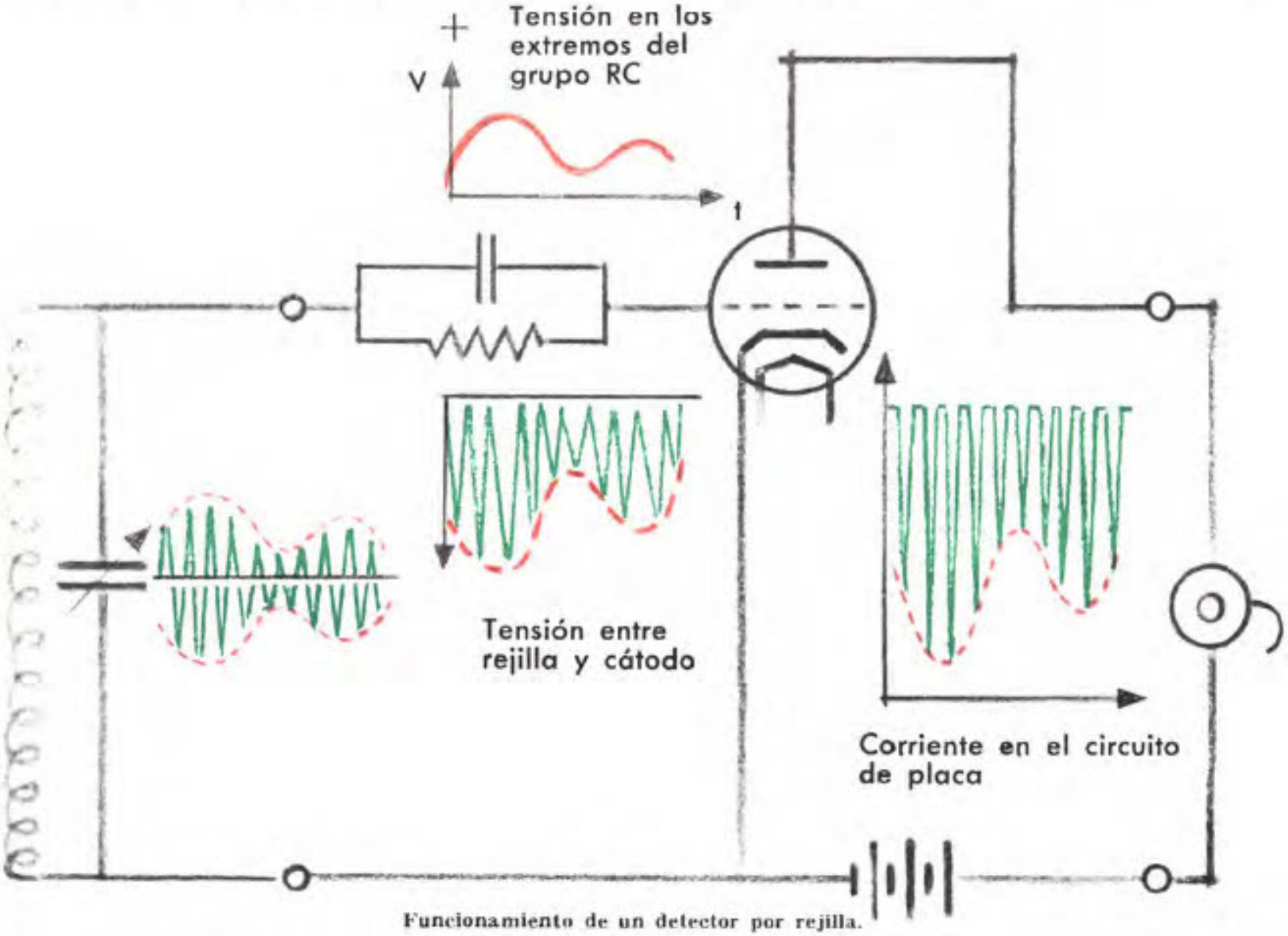
En definitiva, pues, cuando se agrega un condensador al circuito de que estamos tratando se logra que la señal detectada en la rejilla tenga doble amplitud que sin dicho condensador. Así, pues, en estas condiciones este circuito detector aumenta su sensibilidad hasta el doble que antes de haber intercalado una capacidad.

Esta cualidad hace que este detector sea muy apreciado y empleado, de modo especial cuando se desee obtener buenos resultados con el uso de la menor cantidad posible de material.

Unos cuantos palillos, cortados a diversas longitudes, sirven para representar la forma de una señal de A.F. modulada en amplitud.

Si se empuja con una regla su extremo superior aumenta hasta el doble la amplitud de la curva inferior. De este modo hemos creado una analogía con lo que sucede en un detector para rejilla.

Sin embargo, carece de la ventaja que representaba en el detector por placa el hecho de que la rejilla siempre fuese negativa y la bobina no fuese atravesada por ninguna corriente. En éste la rejilla es positiva durante una pequeña parte de cada semiperíodo; por tanto, puesto que existe esa corriente, es necesario que la bobina suministre cierta potencia para el funcionamiento de este detector, lo mismo que sucedía en el detector por diodo.



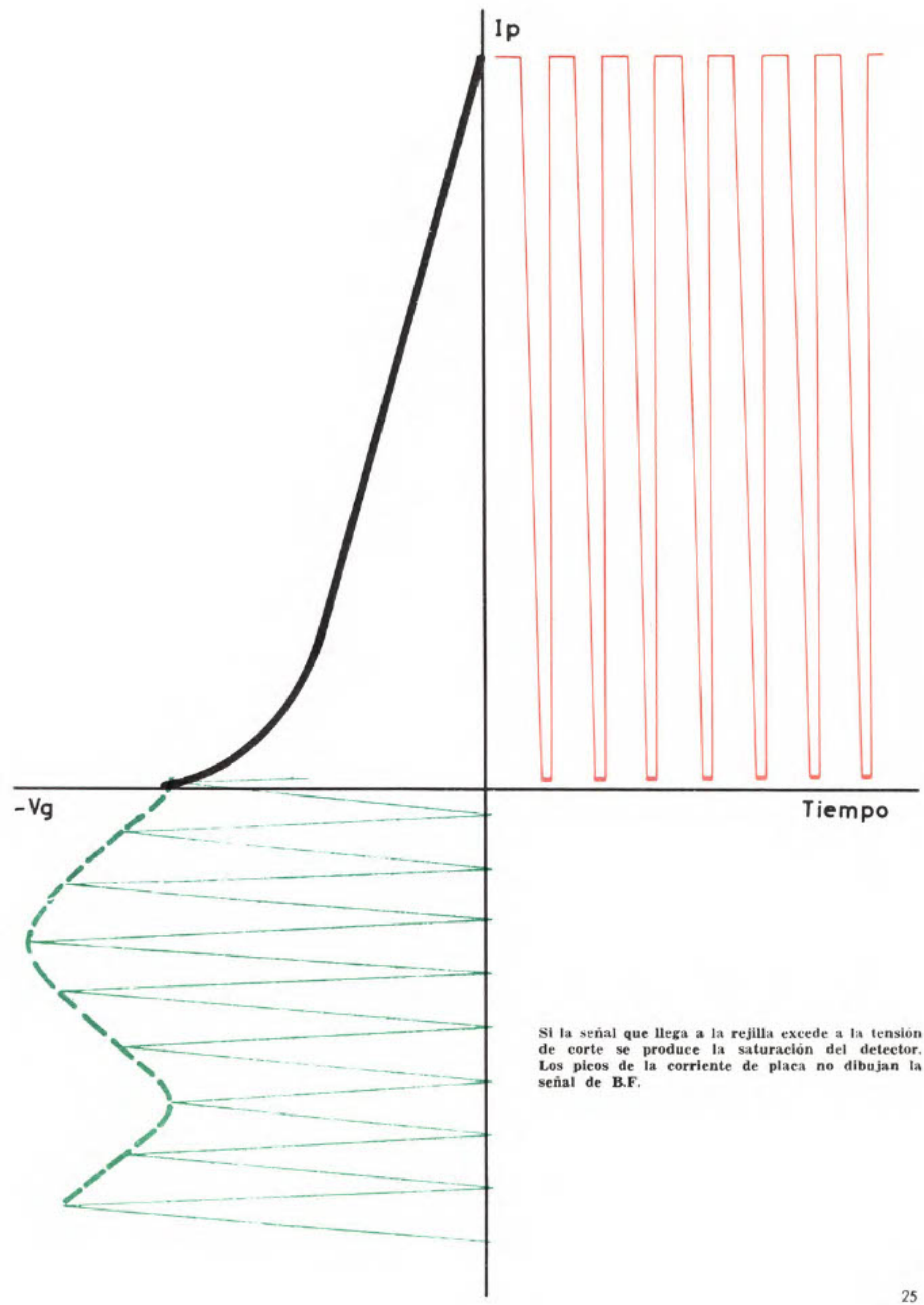
Funcionamiento de un detector por rejilla.

Este sistema de detección está exento del inconveniente — su escasa sensibilidad ante las señales débiles — de que padecía el detector por placa. En la detección por rejilla las señales débiles se amplifican cerca del punto I_o de la curva; es decir, en una zona en que la *pendiente* es muy grande.

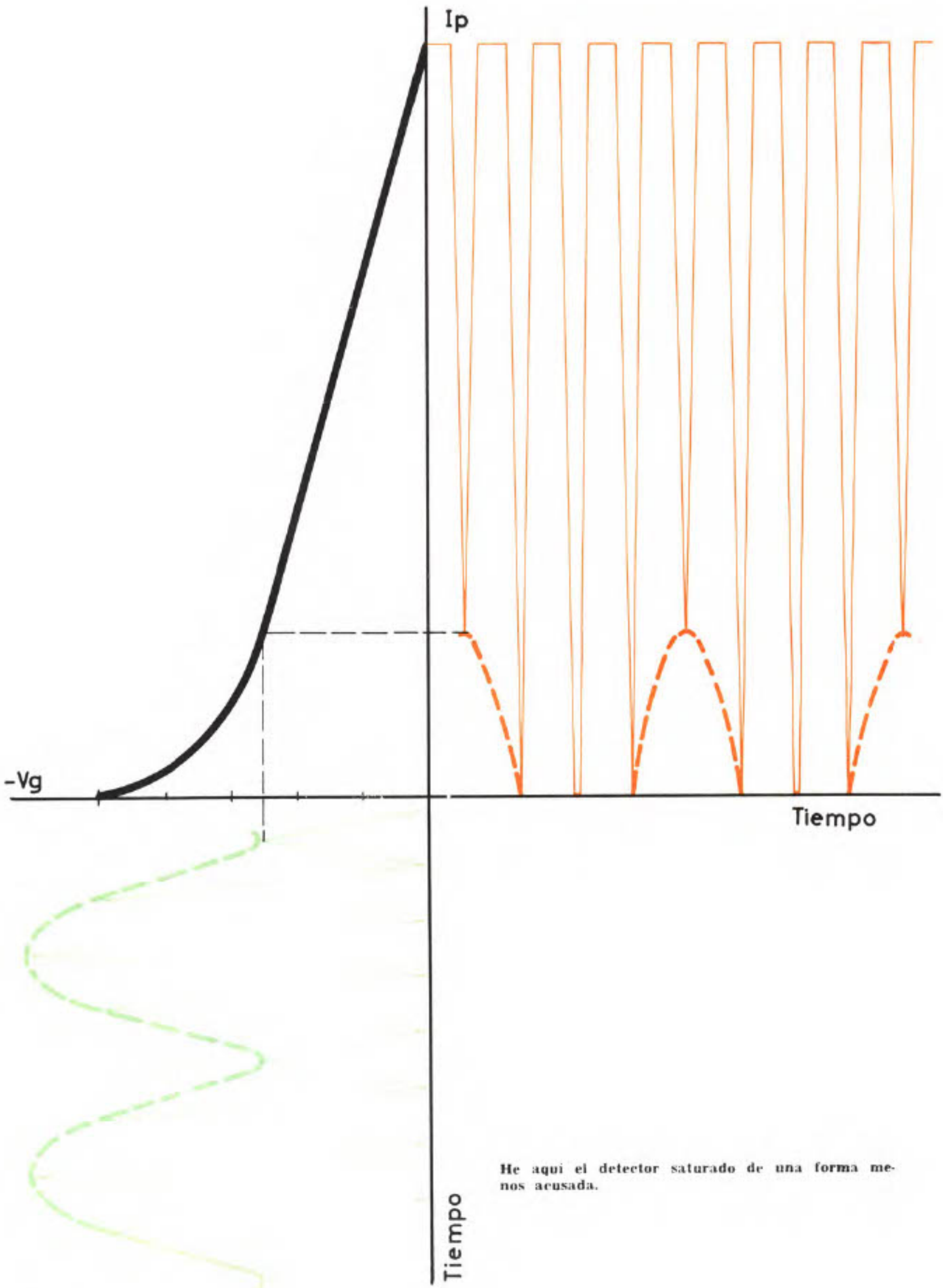
Por lo contrario, ofrece el inconveniente de que cuando no llega ninguna señal el triodo conduce una gran intensidad de corriente (I_o), que deben suministrar la batería B_a o la fuente de alimentación. Ello redunda en una menor duración de dicha batería y en un agotamiento más rápido del triodo. En la práctica, sin embargo, este inconveniente no tiene mucha gravedad, sobre todo por lo que se refiere al consumo de la batería, que suele estar sustituida por un rectificador con filtro.

Otro inconveniente de este sistema detector es el de que en presencia de señales potentes su funcionamiento deja mucho que desear. La razón está expuesta en la figura.

En ella se ve que, dada la gran amplitud de la señal de la rejilla, las variaciones de los picos negativos de esa tensión están a la izquierda del *punto de corte* del triodo. Por tanto, esas variaciones no son apreciadas a la salida; se dice que el detector está *saturado* (precisamente por su gran sensibilidad está más expuesto a ese efecto). Cuando las señales tienen menor potencia que la indicada en la figura esas variaciones son apreciables a la salida, pero pueden no tener la misma forma que las presentes en la rejilla, como expresa la figura inmediata; es decir, que se produce distorsión. Por esta razón, los detectores por rejilla no se caracterizan precisamente por su fidelidad; y ésta es una cualidad deseable en todo detector.



Si la señal que llega a la rejilla excede a la tensión de corte se produce la saturación del detector. Los picos de la corriente de placa no dibujan la señal de B.F.



He aqui el detector saturado de una forma menos acusada.

RESUMEN

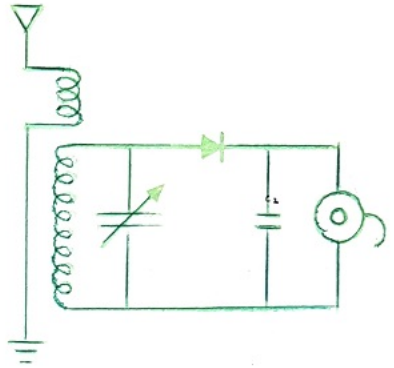
No son éstos los únicos tipos de detectores que se emplean en la práctica; pero sí los más usuales. Cada uno de ellos posee sus ventajas características, las que podríamos resumir así:

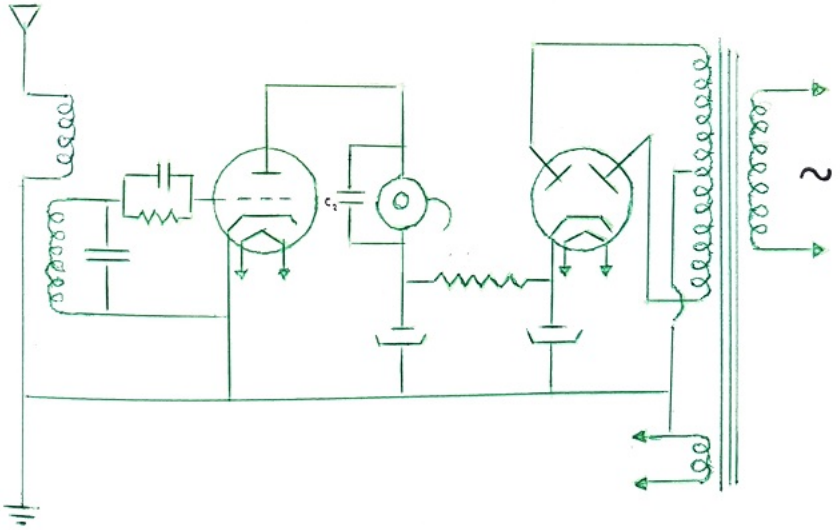
El DETECTOR POR DIODO resulta ventajoso por su sencillez, y es, por tanto, adecuado para los receptores en que se desee emplear un mínimo de materiales. Ello no quiere decir que deje de emplearse en circuitos complejos; a veces se hace con el fin de obtener una reproducción del sonido lo más fiel posible.

El DETECTOR POR PLACA resulta útil porque en él la rejilla siempre es negativa, lo que beneficia la selectividad.

Y el DETECTOR POR REJILLA es muy sensible, lo que le hace interesante cuando se quieren obtener resultados excepcionales con el menor gasto posible de material.

En las figuras con que termina la parte teórica de esta lección podrá ver los circuitos de tres receptores. Cada uno de ellos emplea un sistema detector de los descritos. Con su presentación no pretendemos tan sólo completar la descripción de los sistemas reseñados, sino acostumbrarle a ver los esquemas como conjunto. Como verá, en los tres se halla una aplicación inmediata de lo que ha estudiado hasta estos momentos. Así, la radiotecnia ya empieza a tomar forma para usted. ¿No es cierto, amigo lector?





RESUMEN

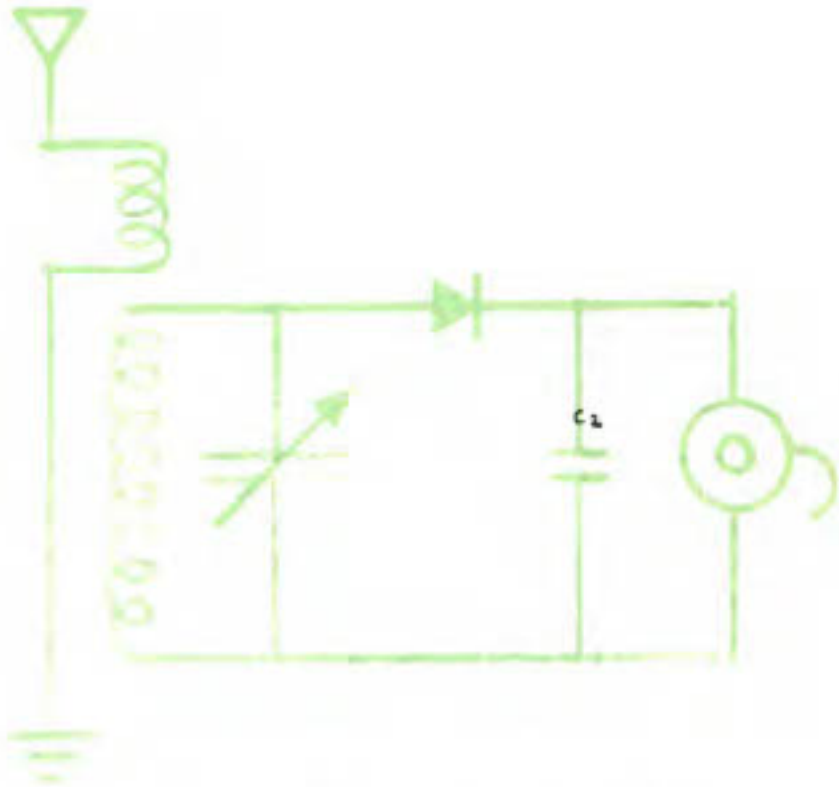
No son éstos los únicos tipos de detectores que se emplean en la práctica; pero sí los más usuales. Cada uno de ellos posee sus ventajas características, las que podríamos resumir así:

El DETECTOR POR DIODO resulta ventajoso por su sencillez, y es, por tanto, adecuado para los receptores en que se desee emplear un mínimo de materiales. Ello no quiere decir que deje de emplearse en circuitos complejos; a veces se hace con el fin de obtener una reproducción del sonido lo más fiel posible.

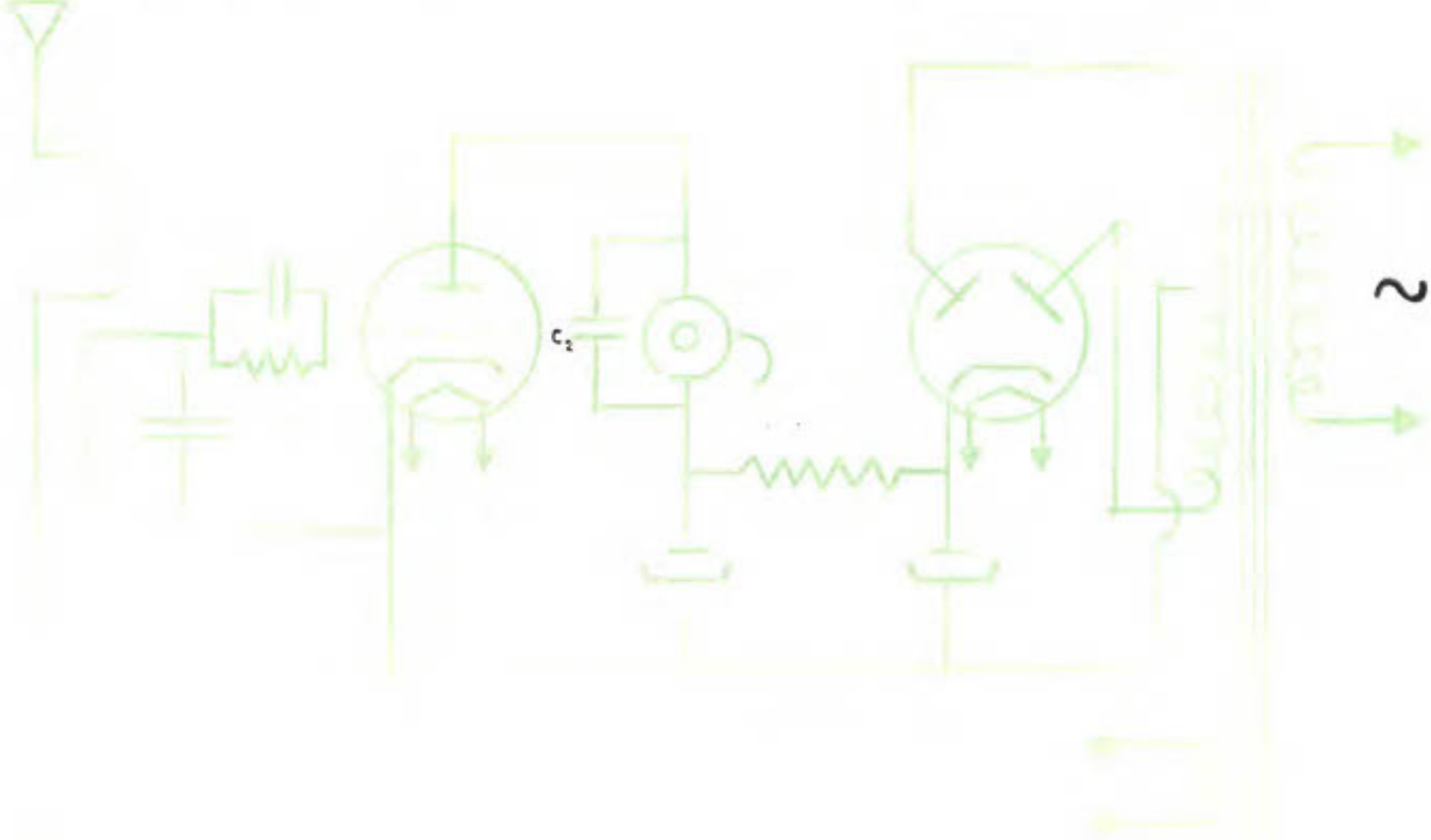
El DETECTOR POR PLACA resulta útil porque en él la rejilla siempre es negativa, lo que beneficia la selectividad.

Y el DETECTOR POR REJILLA es muy sensible, lo que le hace interesante cuando se quieren obtener resultados excepcionales con el menor gasto posible de material.

En las figuras con que termina la parte teórica de esta lección podrá ver los circuitos de tres receptores. Cada uno de ellos emplea un sistema detector de los descritos. Con su presentación no pretendemos tan sólo completar la descripción de los sistemas reseñados, sino acostumbrarle a ver

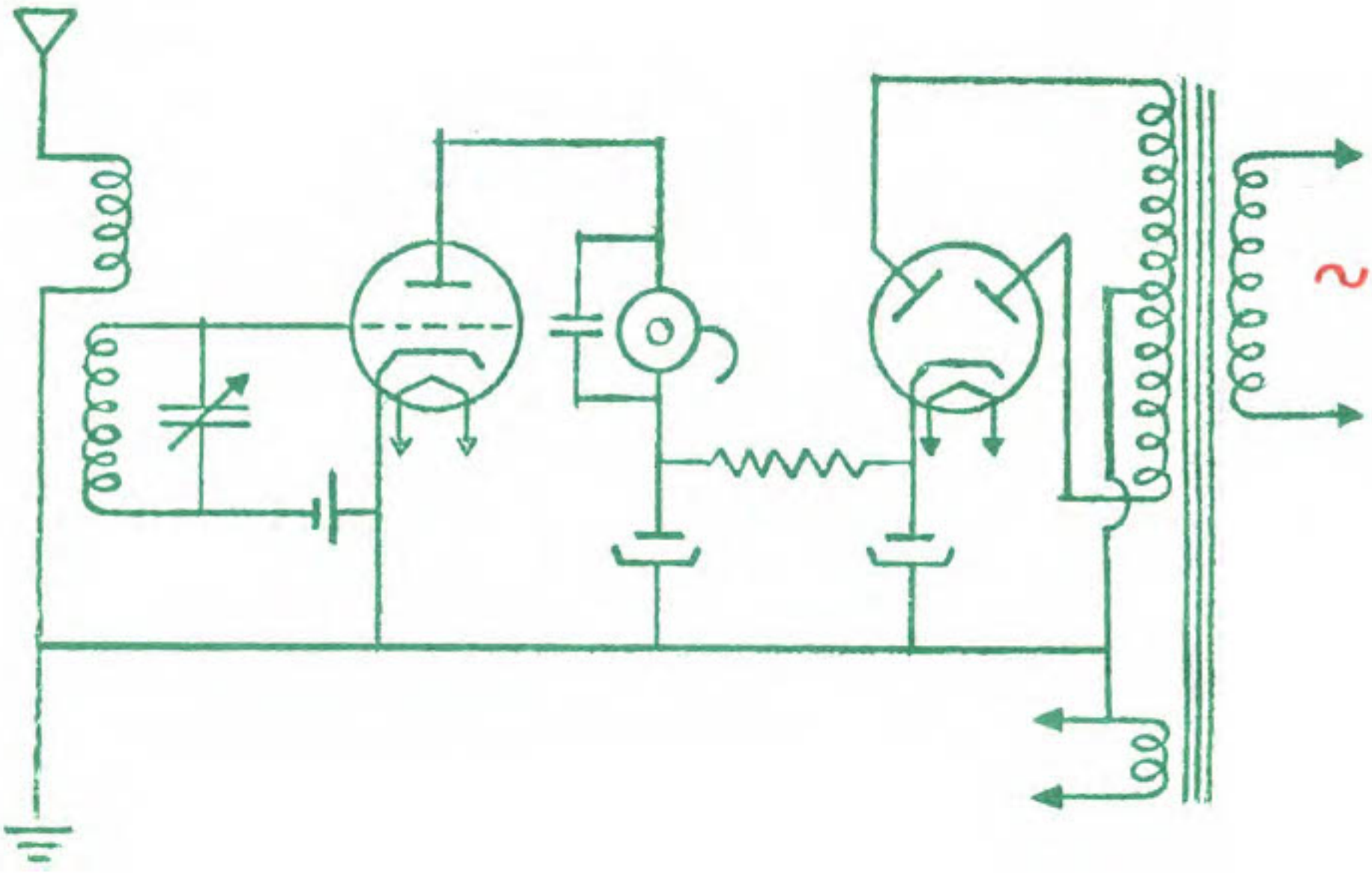


los esquemas como conjunto. Como verá, en los tres se halla una aplicación inmediata de lo que ha estudiado hasta estos momentos. Así, la radiotecnia ya empieza a tomar forma para usted. ¿No es cierto, amigo lector?

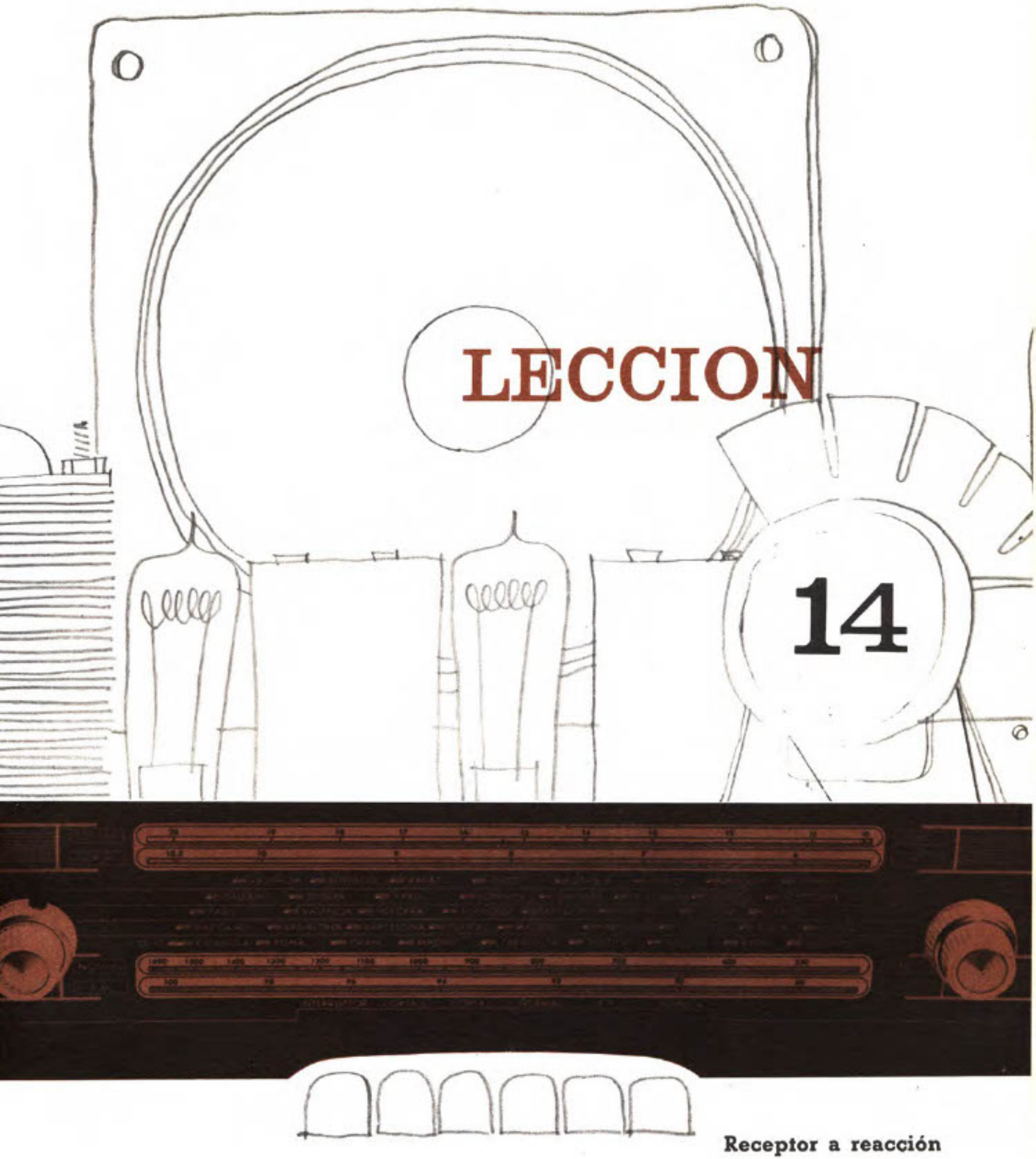


C2

C1
~



Los condensadores C_1, C_2 y C_3 respectivos a la detección por diodo, placa y rejilla, tienen la misma finalidad que es actuar de control de tono. Más adelante estudiará con detalle este apartado, si bien ahora le anticipamos que cuando mayor es su capacidad permite mejor el paso de las notas graves y, por tanto, en el auricular tenemos un sonido agudo, mientras que al tener poca capacidad facilita el paso de las agudas e impide el de las graves, dando por resultado un tono grave. En la práctica acostumbra a tener una capacidad de 2K2pF.



LECCION 14

Receptor a reacción

Osciladores

Realimentación

Osciladores sintonizados en rejilla y en placa

radiotecnia 4

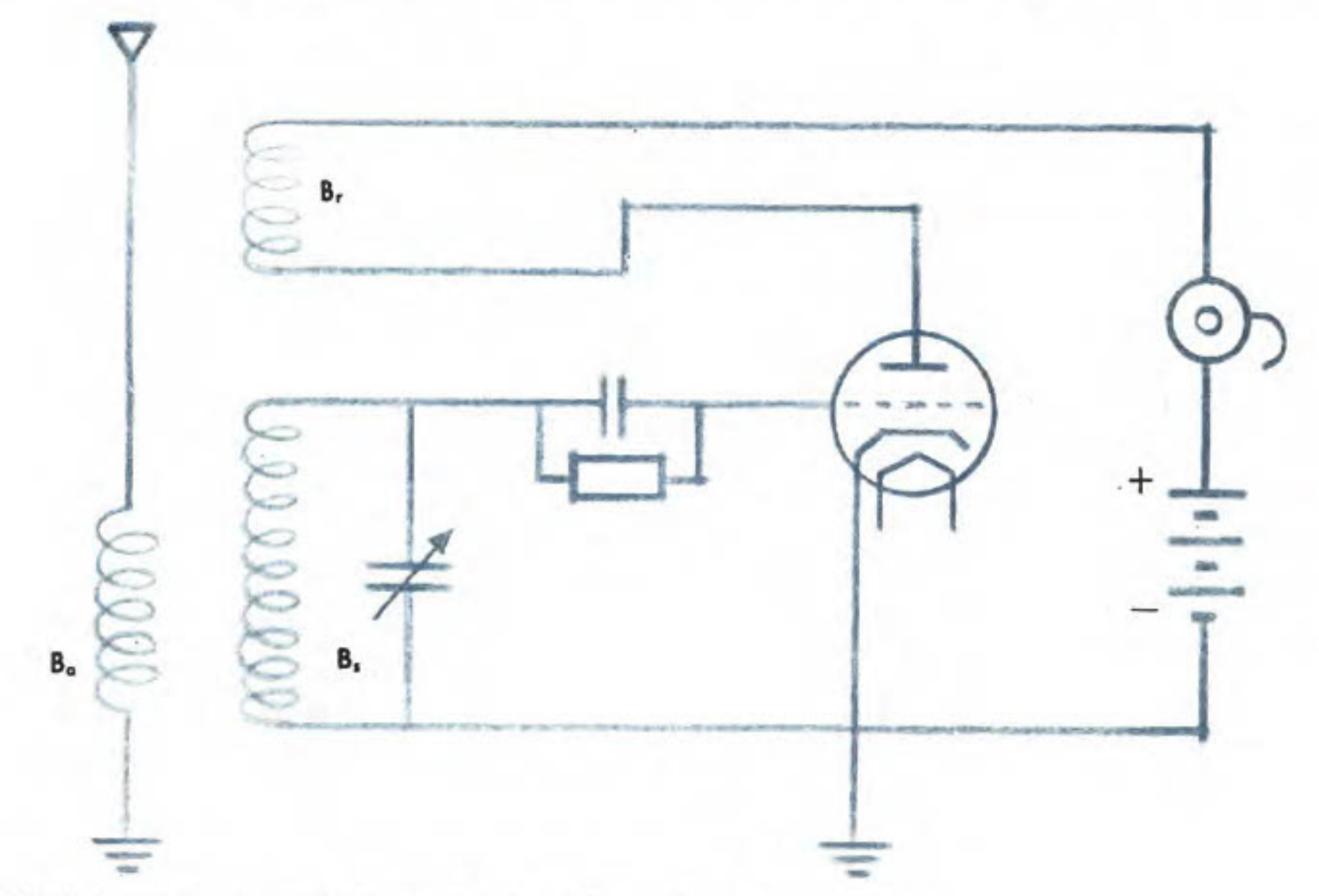
Receptor a reacción - Realimentación positiva y realimentación negativa - El receptor a reacción como amplificador realimentado - Tipos de osciladores - El oscilador sintonizado en rejilla - Idem. en placa - Un emisor elemental.

RECEPTOR A REACCION - OSCILADORES

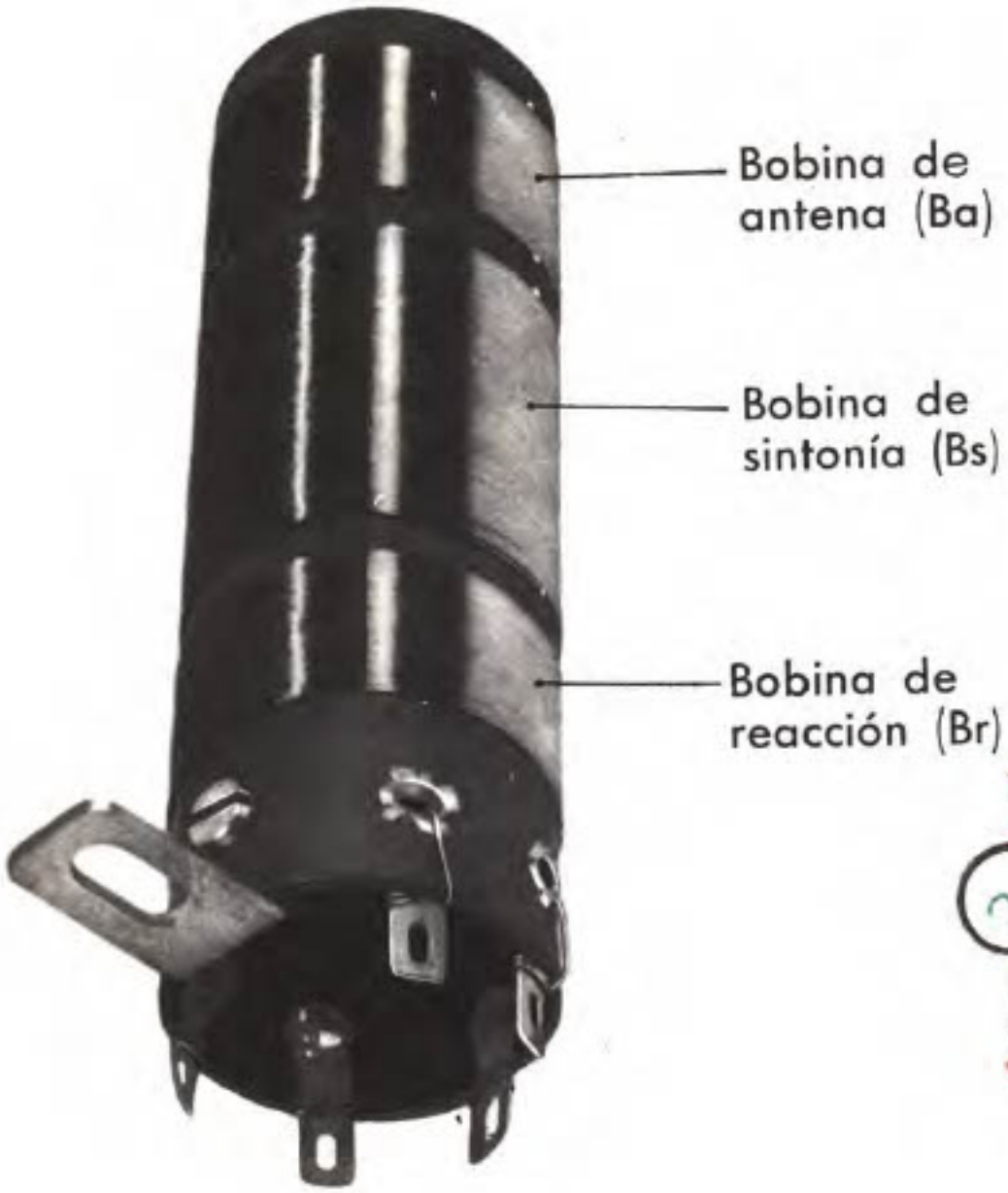
Por lo estudiado en la lección 13, hemos llegado a una conclusión importante. Es la de que la sensibilidad de un receptor será mayor o menor según cuál sea el sistema de detección empleado. Sabemos ya que obtendremos un receptor de gran sensibilidad empleando un *detector por rejilla*.

Pero existe un tipo de receptor, basado fundamentalmente en el mismo principio, que ofrece una sensibilidad todavía mayor. Es el llamado *receptor a reacción*, cuyo esquema analizaremos.

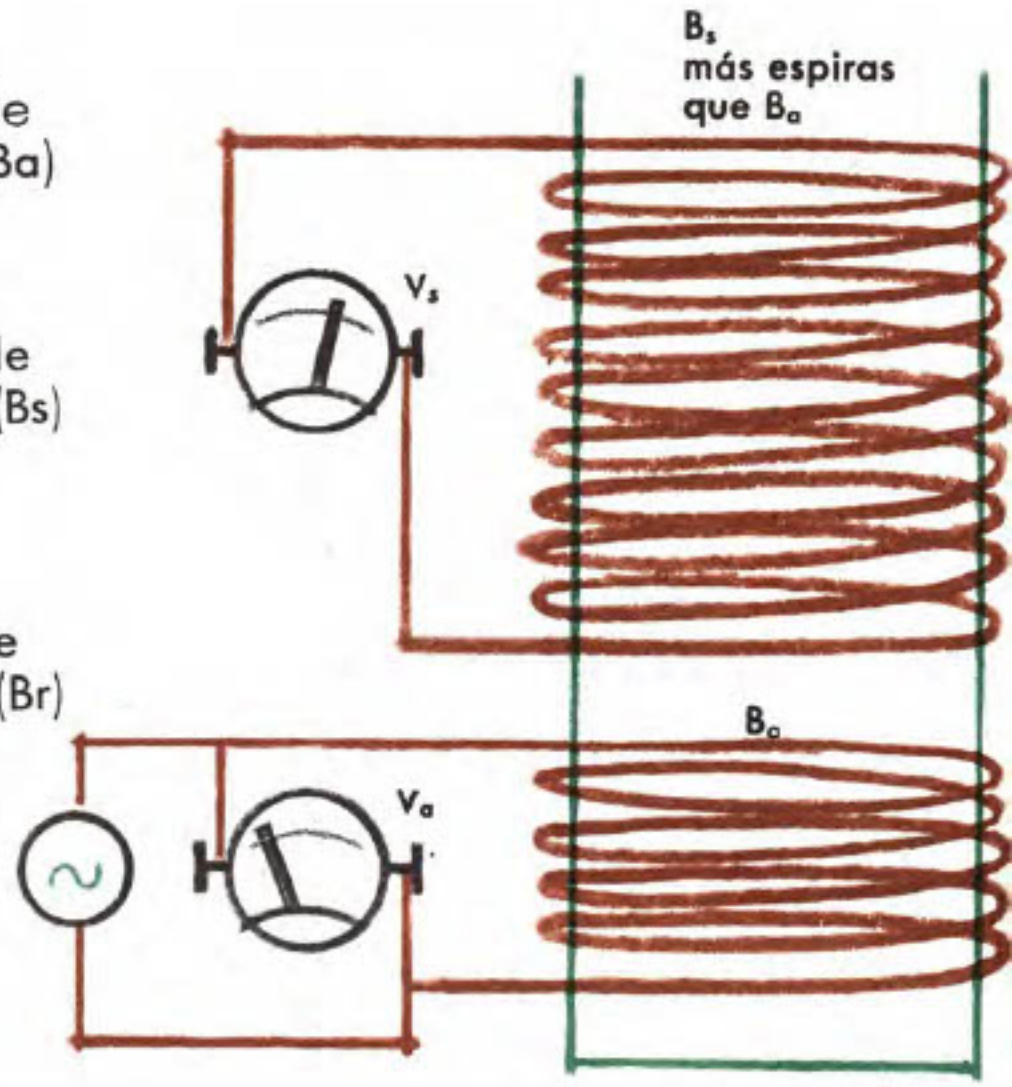
Compare el esquema de un receptor con detección por rejilla con el del receptor a reacción: advertirá que la única diferencia que puede apreciarse es la existencia, en el receptor a reacción, de un bobinado adicional, situado en el circuito de tal modo que, antes de alcanzar el auricular, lo atraviesa la corriente de placa.



Este es el esquema del receptor a reacción cuyo estudio abordamos en esta lección.



Fotografía de los bobinados clásicos para un receptor a reacción, y de cuya construcción se habló en la lección tercera de este Tratado.



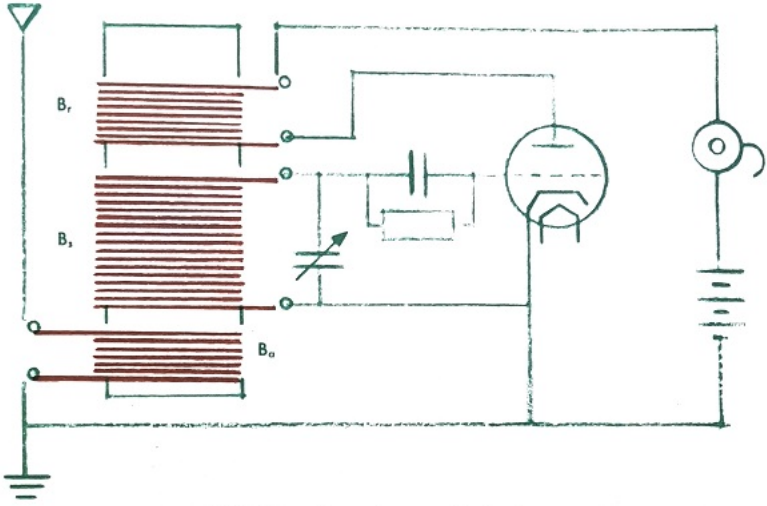
Las bobinas de antena y de sintonía actúan como un transformador. La tensión medida entre los extremos de B_s sería mayor que la tensión medida entre los extremos de B_a.

El bobinado de antena (B_a), la bobina de sintonía (B_s) y el nuevo bobinado, que recibe el nombre de BOBINA DE REACCIÓN (B_r), suelen disponerse sobre un mismo tubo cilíndrico, de forma que el aspecto real del conjunto de las tres bobinas es el que puede ver en la fotografía adjunta. Aquí consideramos oportuno remitir al lector a la lección 3 de nuestro Tratado, en que se explicó la construcción de una de estas triples bobinas.

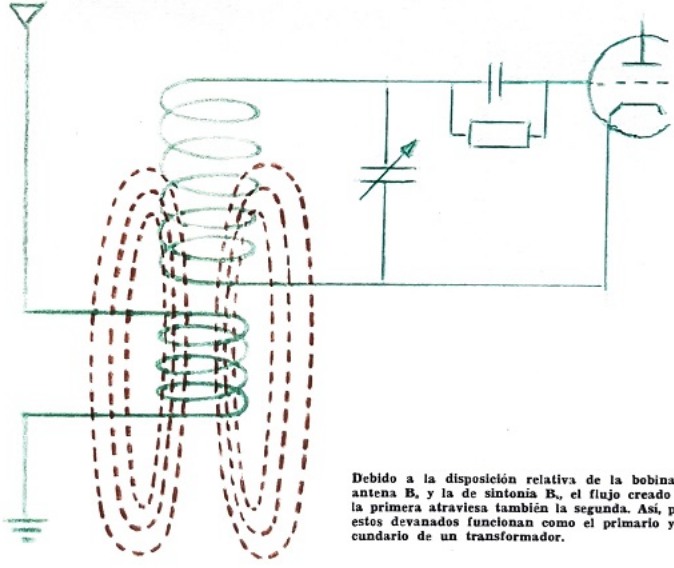
Recordemos también que la bobina de antena y la de sintonía son, en realidad, el primario y secundario de un transformador, de forma que la energía recibida por la antena se transfiere magnéticamente desde la bobina B_a a la B_s gracias al flujo creado por la primera. Vea la representación de este fenómeno. Es evidente que también los bobinados B_r y B_s pueden considerarse como el primario y secundario de un transformador, donde al circular por la bobina B_r la corriente que procede de la placa del triodo crea un flujo que atraviesa la bobina B_s.

Ahora, ponga mucha atención en las palabras que siguen, porque en ellas se resume el efecto que esta bobina B_r proporciona a la sensibilidad del aparato. Usted sabe que el sentido del flujo creado en B_r depende del sentido en que la corriente recorra dicha bobina B_r. Si la recorre en forma tal que ese flujo creado en B_r por la corriente de placa tenga el mismo sentido que el creado por la bobina B_a, entonces se sumará la acción de ambos en el bobinado de sintonía, dando lugar a que la tensión en la rejilla sea mayor que cuando no existía la bobina B_r.

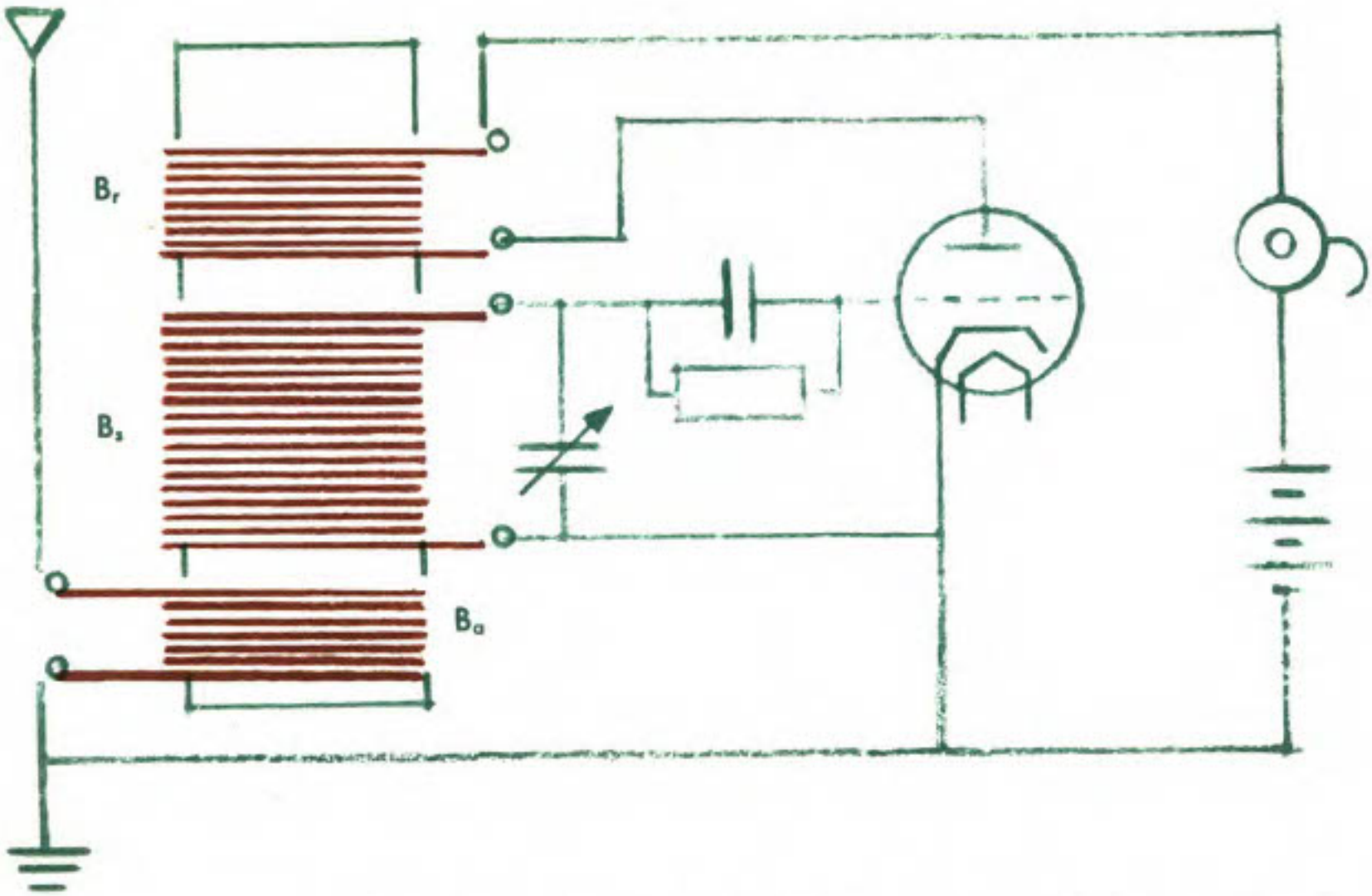
Lo que en definitiva ocurre es que el aparato funciona como si las señales captadas por la antena fuesen más potentes de lo que realmente son. Es decir: se ha aumentado la sensibilidad del conjunto.



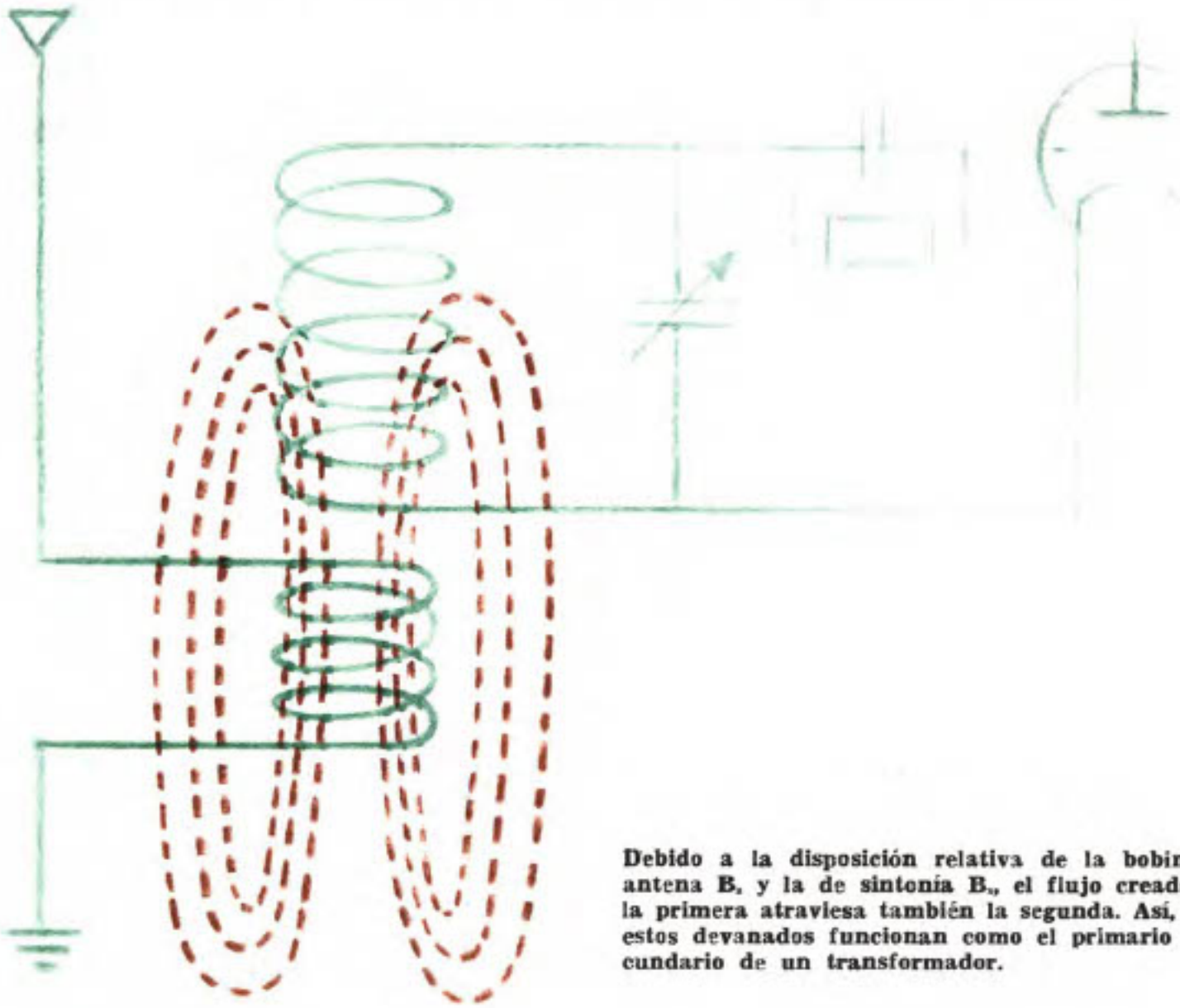
En el esquema del receptor a reacción, los devanados de antena, de sintonía y de reacción pueden adoptar esta disposición, que asimismo puede ser la adoptada en la práctica, aunque muchas veces la bobina de antena se coloca la primera empezando por arriba.



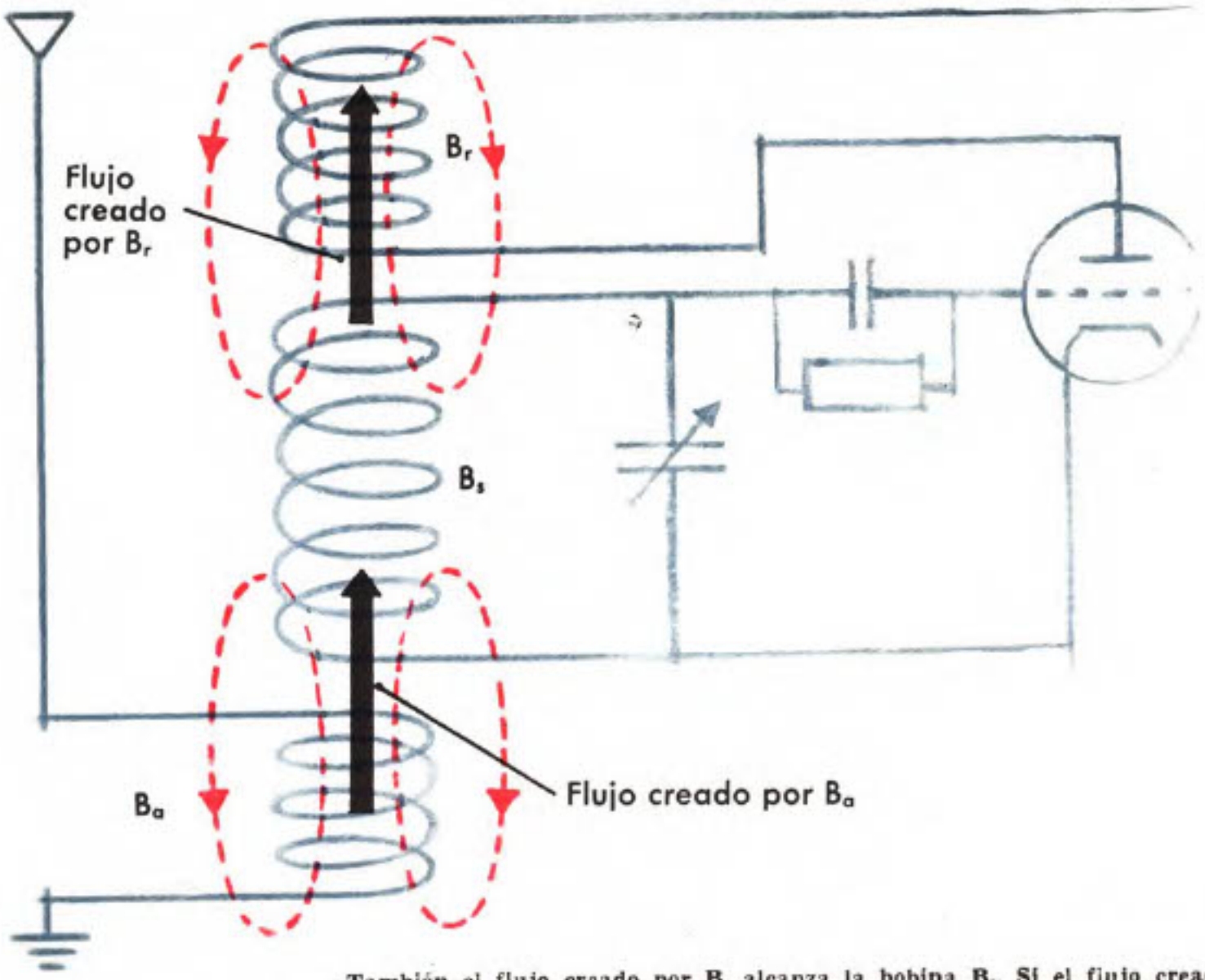
Debido a la disposición relativa de la bobina de antena B_a y la de sintonía B_s, el flujo creado por la primera atraviesa también la segunda. Así, pues, estos devanados funcionan como el primario y secundario de un transformador.



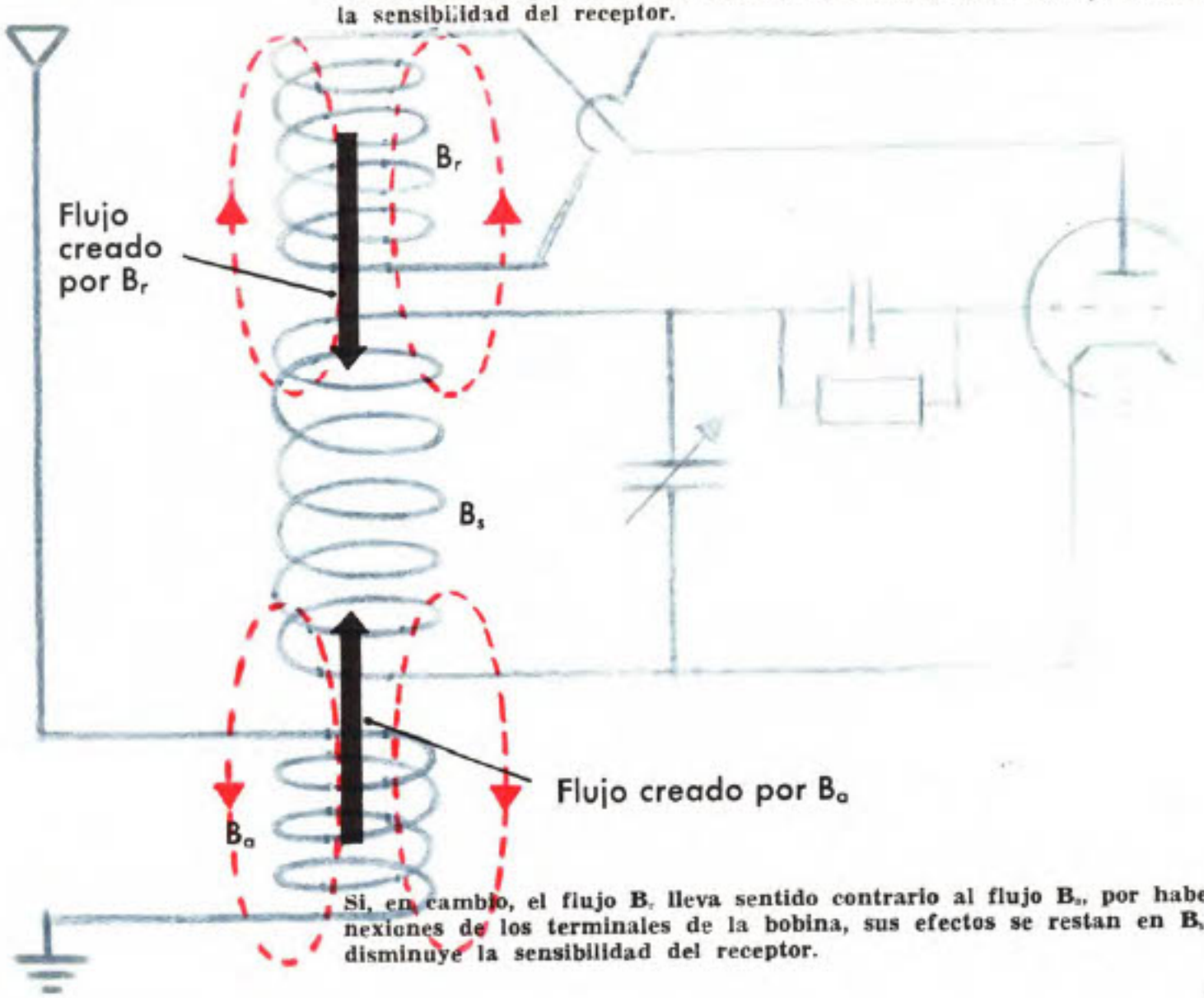
En el esquema del receptor a reacción, los devanados de antena, de sintonía y de reacción pueden adoptar esta disposición, que asimismo puede ser la adoptada en la práctica, aunque muchas veces la bobina de antena se coloca la primera empezando por arriba.



Debido a la disposición relativa de la bobina de antena B_a y la de sintonía B_s, el flujo creado por la primera atraviesa también la segunda. Así, pues, estos devanados funcionan como el primario y secundario de un transformador.



También el flujo creado por B_r alcanza la bobina B_s. Si el flujo creado por B_r lleva el mismo sentido que el creado por B_s, se reforzarán las señales en la rejilla y aumenta la sensibilidad del receptor.



Si, en cambio, el flujo B_r lleva sentido contrario al flujo B_s, por haber invertido las conexiones de los terminales de la bobina, sus efectos se restan en B_s. En consecuencia, disminuye la sensibilidad del receptor.

Este puede ser un símil para explicar la actuación de los flujos de B_r y B_a. Comparando ambos flujos a dos locomotoras de distinta potencia, es evidente que si las dos actúan en el mismo sentido sus fuerzas se sumarán.

Cuando las dos locomotoras actuasen en sentidos opuestos, es evidente que el efecto resultante (fuerza de la locomotora mayor) representaría su fuerza original restándole el esfuerzo en sentido contrario de la locomotora menos potente.

En esencia, este aumento de la sensibilidad se debe a que la señal que recorre el circuito de placa, al no dirigirse directamente al auricular, vuelve a actuar (o a accionar) sobre el circuito de rejilla. De ahí el nombre de DETECTOR A REACCIÓN O A REALIMENTACIÓN POSITIVA con que se conoce este dispositivo.

Por simple lógica, es fácil deducir que si invertimos los terminales de B_r la corriente de placa circulará por esa bobina en sentido contrario al que acabamos de considerar. En este caso el flujo creado por ella también tendrá sentido contrario y en consecuencia su acción sobre la bobina B_s será negativa: disminuye el flujo de B_a. En estas condiciones la sensibilidad del aparato es menor que actuando con un simple detector por rejilla. Se dice que hay *contrarreacción* o *reacción negativa*. También puede decirse que hay una realimentación negativa.

Como ve, resulta de gran importancia saber cómo debe conectarse la bobina al triodo. Si lo hacemos bien, aumentaremos de sensibilidad; en caso de error, lo que obtendremos no será un aumento de sensibilidad, sino justamente lo contrario: una disminución.

En el caso presente, desde luego, lo deseable es conectar la bobina de forma que exista realimentación positiva. Pero debe saber que en determinados circuitos electrónicos se recurre a la realimentación negativa, cuando se persiguen fines distintos que no consisten en obtener un aumento de la sensibilidad.

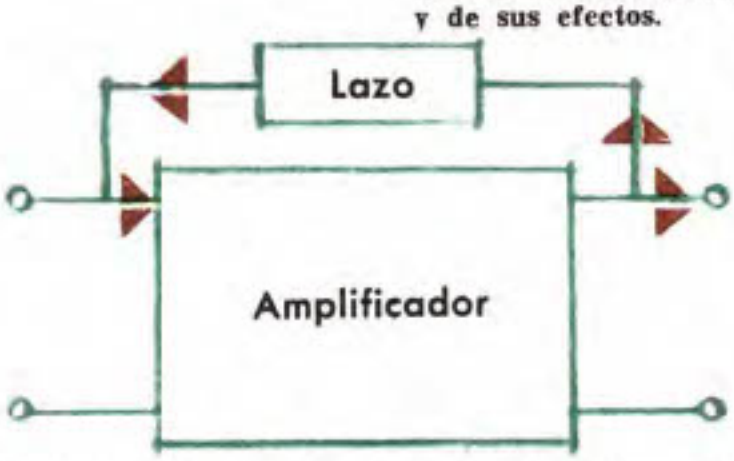
REALIMENTACION POSITIVA Y REALIMENTACION NEGATIVA

Recordará, sin duda, que en la lección 6, cuando hablábamos de los bloques funcionales de un receptor, nos contentamos con representar un amplificador como un rectángulo con sus conexiones de entrada y salida. Se dijo que la propiedad característica de un amplificador consiste en que toda señal aplicada a su entrada aparecía a la salida con mayor amplitud.

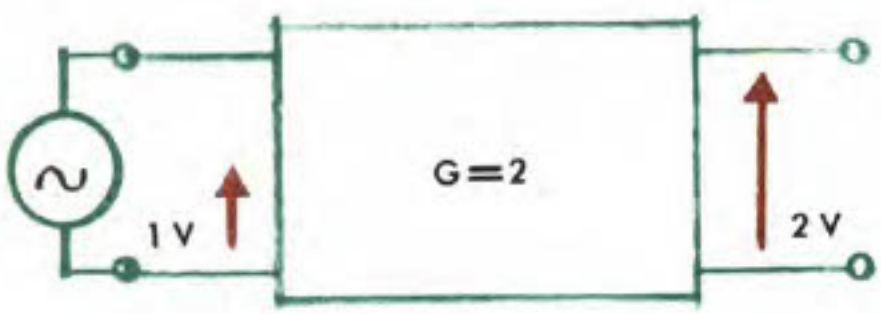
Se llama ganancia (G) de un amplificador al cociente de dividir la amplitud de la señal a la salida por la amplitud que tiene a la entrada. Así, pues, si la señal de salida tiene, por ejemplo, una amplitud siete veces mayor que a la entrada, la ganancia del amplificador será G = 7.

El rectángulo que empleábamos para simbolizar un amplificador encierra (quizás lo haya sospechado) uno o varios triodos y, por supuesto, los elementos que los acoplan.

Recordemos una vez más cuál puede ser la representación simbólica de un amplificador y de sus efectos.



Representación simbólica de un amplificador realimentado. El lazo de realimentación es un circuito que permite que parte de la señal de salida se inyecte de nuevo a la entrada del amplificador.



Este gráfico ilustra simbólicamente el comportamiento de un amplificador de ganancia G = 2.

Hemos fijado un concepto importante: la ganancia de un amplificador, que representamos por G. Veamos si conseguiremos sentar otro concepto.

Si unimos la salida y la entrada de un amplificador por medio de un circuito eléctrico capaz de conseguir que parte de la señal que sale del amplificador vuelva a ser aplicada a su entrada, obtendremos lo que se llama un AMPLIFICADOR REALIMENTADO.

En un amplificador realimentado caben dos posibilidades:

a) Que esta porción de señal que de nuevo se aplica a la entrada se sume con la que ya estaba presente. En este caso se dice que la REALIMENTACIÓN ES POSITIVA.

b) Que esta señal se reste de la que ya había a la entrada. En este caso se dice que la REALIMENTACIÓN ES NEGATIVA.

El circuito que une la entrada con la salida recibe el nombre de LAZO O BUCLE DE REALIMENTACIÓN; la porción de la señal de salida que a través del lazo vuelve a aplicarse a la entrada se llama FACTOR DE REALIMENTACIÓN. Se designa con la letra β (beta) del alfabeto griego.

He ahí tres conceptos referidos a un amplificador: ganancia (G), realimentación positiva o negativa y factor de realimentación (β). Fíjelos en su memoria y sigamos trabajando con ellos.

CUANDO A UN AMPLIFICADOR SE LE APLICA UNA REALIMENTACIÓN POSITIVA, SU GANANCIA AUMENTA. EN CAMBIO, SI SE LE APLICA REALIMENTACIÓN NEGATIVA SU GANANCIA DISMINUYE.

Analicemos, por ejemplo, el caso de un amplificador cuya ganancia sea 2. Eso significa que si aplicámos a la entrada una tensión de 1 V a la salida tendremos 2 V.

Ilustramos esta circunstancia representando la amplitud de la señal de entrada y la amplitud de la señal de salida con sendas flechas. Es un sistema como cualquier otro de simbolizar la amplitud de una señal.

Suponemos que la tensión de entrada está suministrada por un generador cualquiera, que por ejemplo puede ser la antena de un receptor. La señal de entrada, pues, será la que llega al amplificador procedente de la antena.

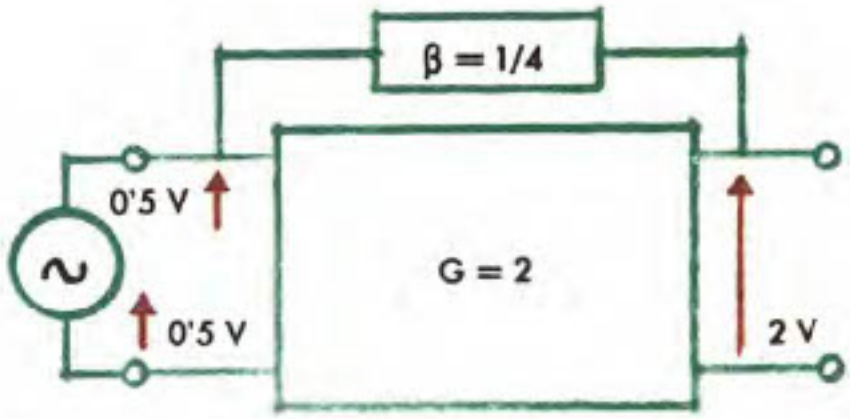
Unamos la salida y la entrada mediante un lazo cuyo factor de realimentación positiva sea $\beta = 1/4$. Acabamos de decir lo que es el factor de realimentación. Repáselo, si no lo recuerda exactamente, que este lazo lleva de nuevo a la entrada una señal igual a la cuarta parte de los dos voltios que tenemos a la salida. Una cuarta parte de dos voltios es medio voltio.

Por tanto, con un lazo de realimentación de $\beta = 1/4$, para obtener una señal de salida de 2 V en un amplificador de G = 2, bastará con que el generador suministre una tensión de 0'5 V. En efecto: la realimentación proporciona los 0'5 V, que sumados a los 0'5 V que llegan de la antena dan 1 V de entrada. Ahora, la tensión a la salida es cuatro veces mayor que la tensión suministrada por la antena, por lo que el conjunto formado por el amplificador de ganancia 2 y al lazo con 1/4 de factor de realimentación pueden considerarse como un amplificador de G = = 2/0'5 = 4.

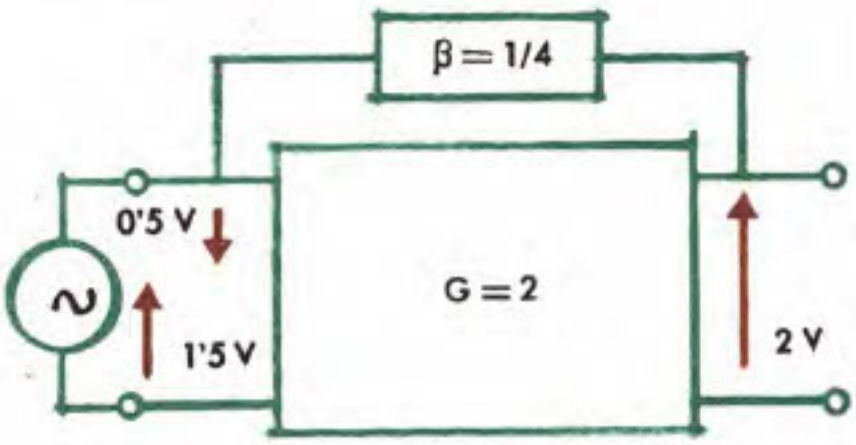
Por lo contrario, si la realimentación fuese negativa, es decir, si la tensión aplicada por el lazo de realimentación se restase de la que el generador suministra, sería preciso que esta última fuese de 1'5 V a fin de que al quedar disminuida en los 0'5 V procedentes de la realimentación, la tensión total fuese de 1 V a la entrada.

La ganancia del conjunto sería ahora G = = 2/1'5 = 1'33. Luego, habría disminuido.

Antes de seguir adelante queremos advertir — aunque suponemos que el lector lo habrá hecho por su cuenta — que las figuras que ilustran



Cuando la señal que se aplica a la entrada del amplificador y la señal que devuelve el lazo de realimentación se suman a la entrada, se dice que se trata de un amplificador de realimentación positiva. En este caso la ganancia del amplificador aumenta.



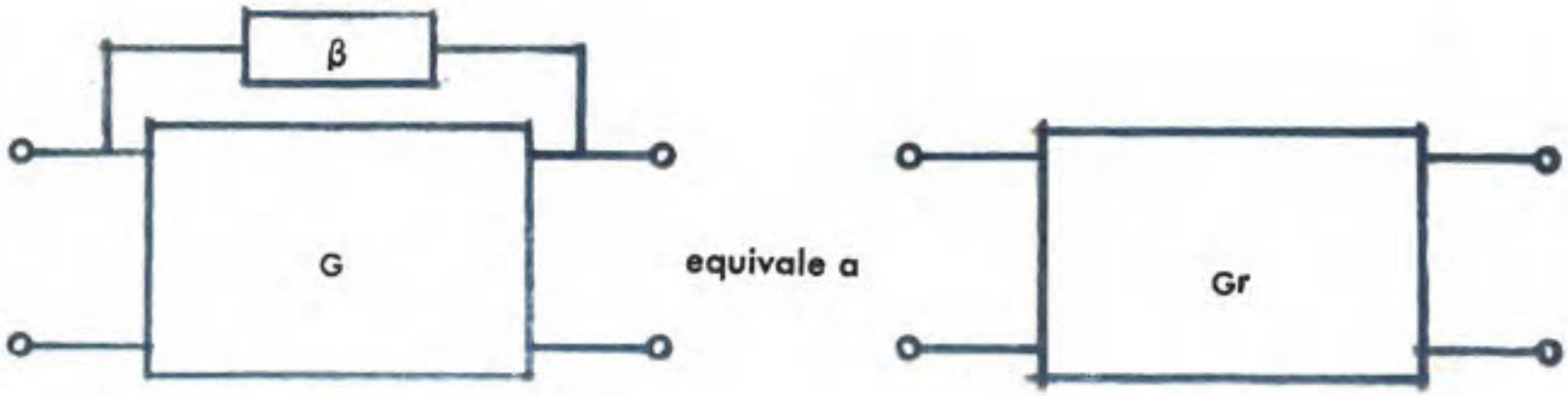
Pero cuando la señal a la entrada del amplificador y la señal que el lazo devuelve se restan a la entrada, se tratará de un amplificador de realimentación negativa. La ganancia disminuye.

estos comentarios son puramente simbólicas; es decir, que tanto el rectángulo que hemos llamado lazo de realimentación como el que hemos llamado amplificador simbolizan circuitos constituidos por elementos tales como válvulas, resistencias, condensadores, etc., cuyo funcionamiento estudiaremos más adelante.

Además, debemos aclarar otra cuestión:

Aunque hemos supuesto que la señal de la entrada es positiva, debe comprenderse que, por tratarse de una señal alterna, el sentido positivo de la señal sólo es cierto en un instante dado. Así la figura que se refiere a la realimentación negativa quiere decir, en realidad, que en el instante en que la señal aplicada por el generador es positiva la aplicada por el lazo de realimentación es negativa y por tanto se restará de aquélla. Si luego cambia el signo de la señal del generador, haciéndose negativa, la suministrada por el lazo se hará positiva, por lo que los efectos se restan en cualquier caso.

Lo mismo podemos decir de las demás figuras, y también del flujo de las bobinas B_a y B_r del receptor a reacción.



Un amplificador de ganancia G provisto de un lazo de realimentación cuyo factor sea β equivale a otro amplificador cuya ganancia sea $G_r = \frac{G}{1 + \beta G}$ si la realimentación es negativa, y a $G_r = \frac{G}{1 - \beta G}$ si la realimentación es positiva.

Existe una fórmula general para calcular la ganancia de un amplificador realimentado cuando se conoce su ganancia sin realimentar (G) y el factor de realimentación β.

Llamando Gr a la ganancia del generador realimentado, la fórmula que permite su cálculo es:

$$Gr = \frac{G}{1 - \beta G} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{si la realimentación} \\ \text{es POSITIVA.} \end{array} \right.$$

$$Gr = \frac{G}{1 + \beta G} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{si la realimentación} \\ \text{es NEGATIVA.} \end{array} \right.$$

Oscilaciones

Estudiemos ahora un caso particular muy interesante en la aplicación de la realimentación positiva.

Sin apartarnos de nuestro ejemplo (tensión de entrada = 1 V y ganancia = 2), si hacemos que el lazo de realimentación aplique a la entrada una porción de la tensión de salida cada vez mayor, la tensión que deberá suministrar el genera-

Comprobemos cómo, en efecto, esta fórmula permite calcular la ganancia en el caso particular que hemos propuesto como ejemplo.

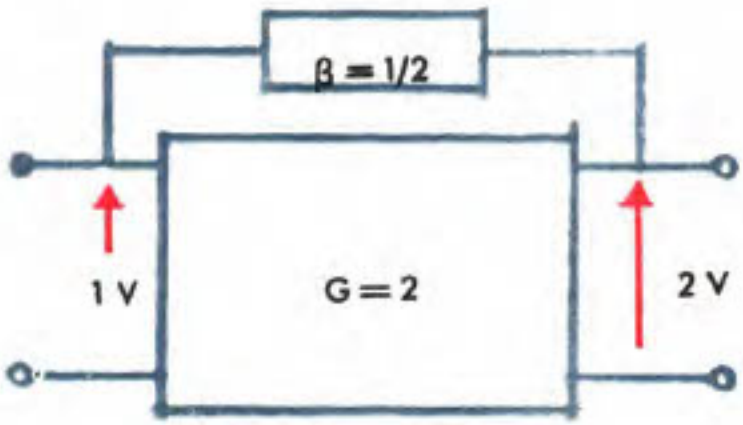
En efecto, para G = 2 y 1/4 = 0'25, la fórmula anterior queda expresada así:

$$Gr = \frac{2}{1 - (1/4 \,.\, 2)} = \frac{2}{1 - 0'5} = 4$$

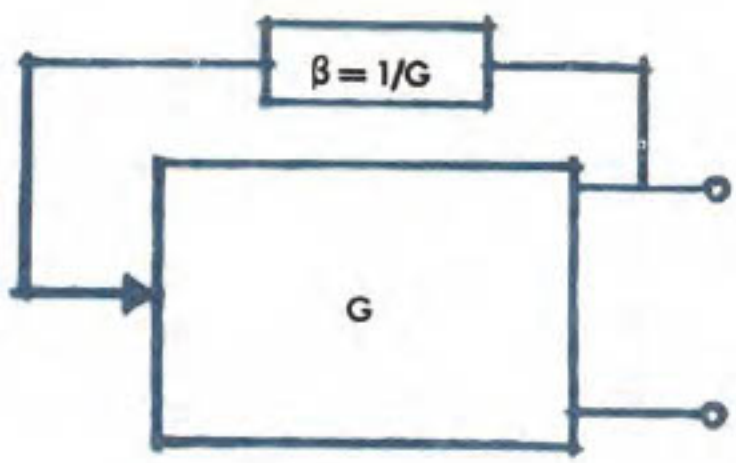
CON REALIMENTACIÓN POSITIVA.

$$Gr = \frac{2}{1 + (1/4 \,.\, 2)} = \frac{2}{1 + 0'5} = 1'33...$$

CON REALIMENTACIÓN NEGATIVA.



Cuando el factor de realimentación positiva es justamente $\beta = \frac{1}{G}$, no es preciso seguir aplicando una señal exterior a la entrada para mantener la señal de salida. El amplificador se ha convertido en un oscilador.



Esta es la representación simbólica de un oscilador. Se han suprimido los terminales de entrada, que no realizan ahora ninguna función.

dor que proporciona la entrada para totalizar la tensión de 1 V será cada vez menor. Es decir: la ganancia es cada vez mayor. En particular, si el lazo de realimentación aplica a la entrada justamente 1 V — es decir, la mitad de los 2 V de la tensión de salida — no será necesario que el generador suministre tensión alguna. La tensión de salida se mantiene únicamente a expensas de una porción de sí misma, que llevada a la entrada a través del lazo de realimentación es nuevamente amplificada.

Y puesto que así obtenemos una tensión de 2 V sin necesidad de aplicar tensión alguna a la entrada del amplificador, podemos decir que de hecho se ha convertido en un generador, o más concretamente en un oscilador, ya que esa señal es alterna. En general, para que un amplificador se convierta en oscilador basta con que el factor de realimentación sea $\beta = 1/G$.

Por ejemplo, un amplificador de ganancia $G = 10$ necesita para convertirse en oscilador una reacción positiva de $\beta = 1/10 = 0'1$; es decir que aplique a la entrada 0'1 V tomados de los 10 V de salida.

En la figura a que nos hemos referido exponemos la condición general para que un amplificador pueda convertirse en oscilador. Como los terminales de entrada no son ahora necesarios los hemos suprimido.

Esta es, sin ningún género de dudas, la más importante aplicación de la reacción positiva. La reacción negativa tiene gran aplicación en la técnica de alta fidelidad (Hi-Fi), como veremos más adelante.

EL RECEPTOR A REACCION COMO AMPLIFICADOR REALIMENTADO

El detector por rejilla, según dijimos en la lección anterior, es en esencia un detector diodo cuyas señales son luego amplificadas. Un solo triodo desempeña en él las funciones de detector y amplificador. La rejilla y el cátodo del triodo se utilizan como diodo.

El detector a reacción se diferencia del detector por rejilla únicamente en esa bobina que se le ha añadido y que hemos llamado bobina de reacción. Pues bien, esa bobina tiene por objeto realimentar positivamente el amplificador constituido por el triodo, a fin de aumentar su ganancia y por tanto la sensibilidad del conjunto.

Esa bobina constituye, pues, el *lazo de realimentación*, ya que a través de ella la corriente de salida del amplificador (corriente de placa) vuelve a actuar sobre la entrada; es decir, sobre el circuito de rejilla. Ello, como sabemos, gracias al flujo magnético.

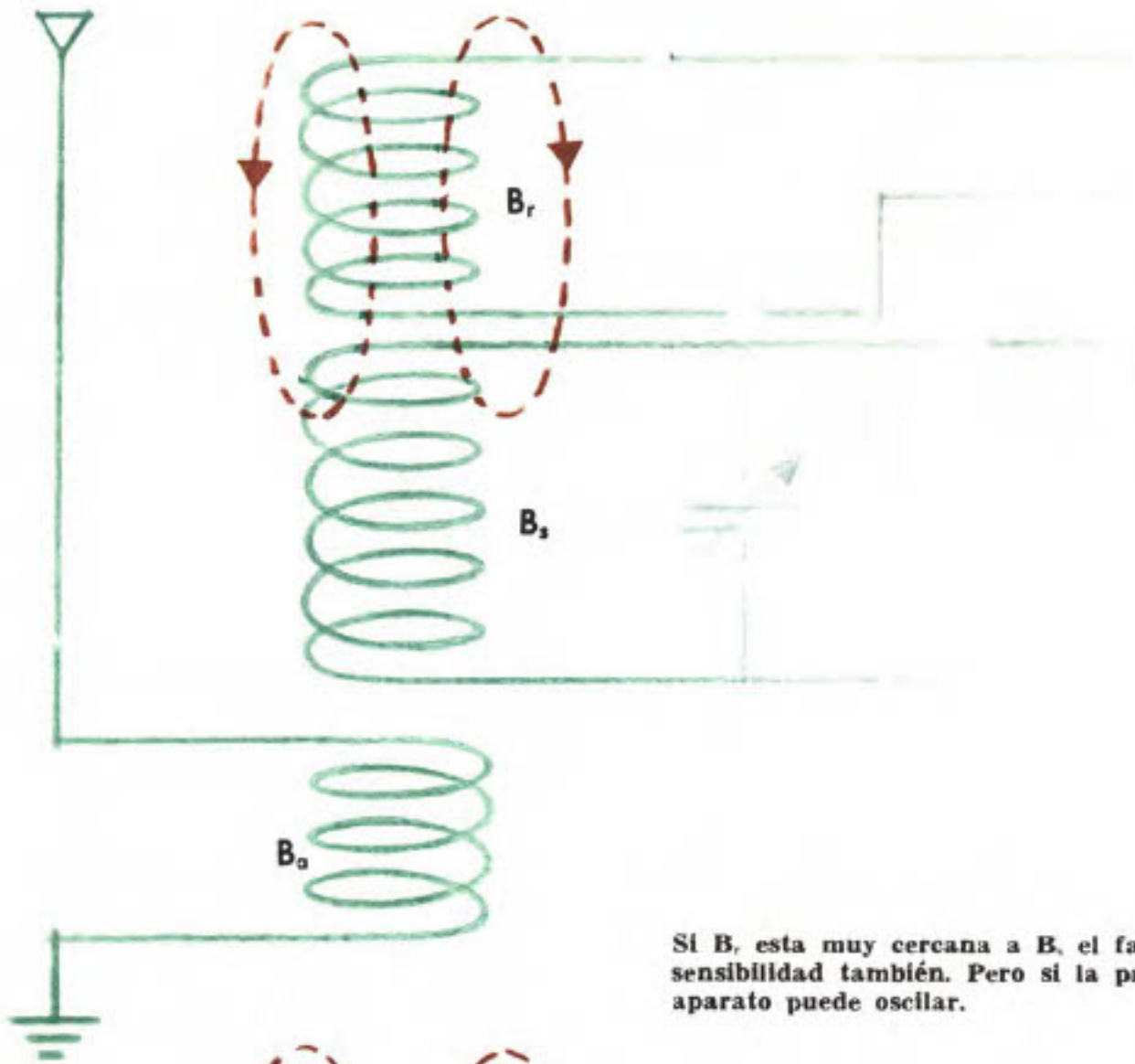
La ganancia será tanto mayor cuanto más grande sea el factor de realimentación. Es decir: en el caso del receptor a reacción, cuanto más intenso sea el flujo creado por B_r que atraviesa la bobina B_s. Sin embargo, por este procedimiento no es posible aumentar indefinidamente la sensibilidad del receptor. Según hemos visto, cuando la realimentación alcanza determinado valor, el amplificador se convierte en oscilador; crea una señal propia que hace imposible sintonizar la señal de la emisora.

Se comprende, pues, que resulte necesario emplear dispositivos que permitan regular la realimentación hasta darle un valor adecuado para que la sensibilidad sea grande sin que por ello el aparato empiece a oscilar, es decir, a generar por su propia cuenta una señal que haga imposible la escucha de la señal procedente de la emisora. Un procedimiento sencillo para variar el flujo que la bobina B_s recibe de la de reacción B_r consiste en separarla más o menos respecto a la posición de la primera.

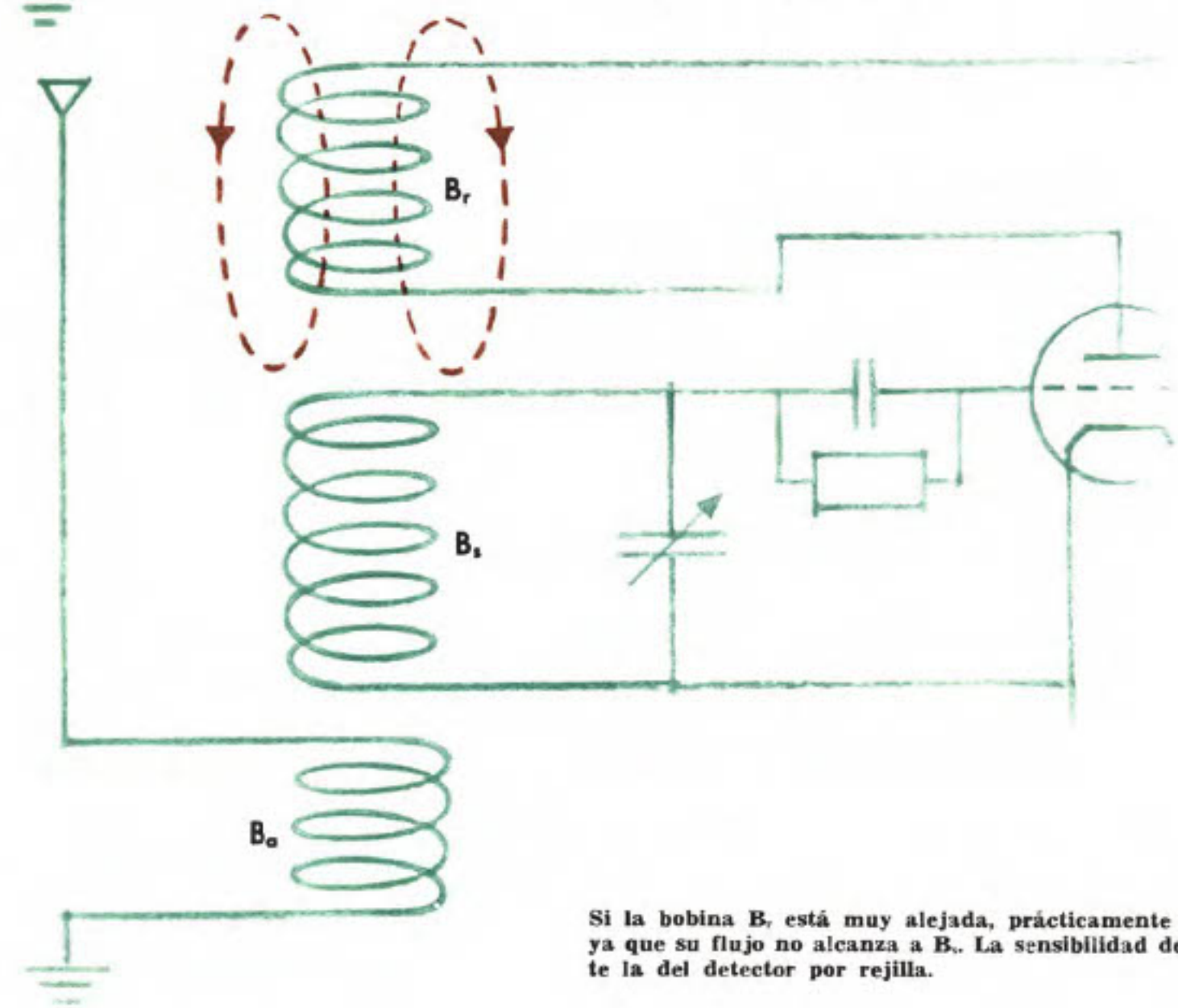
La figura ilustra cómo el número de líneas del campo magnético que alcanza a la bobina B_s varía según cuál sea la posición de B_r.

Este método de variar la reacción no puede practicarse de una manera cómoda, ya que para ello es preciso que la bobina B_r no esté devanada sobre el mismo tubo que soporta las bobinas de antena y de sintonía. Es preciso contar con algún mecanismo que permita mover la bobina y dejarla fija en la posición conveniente.

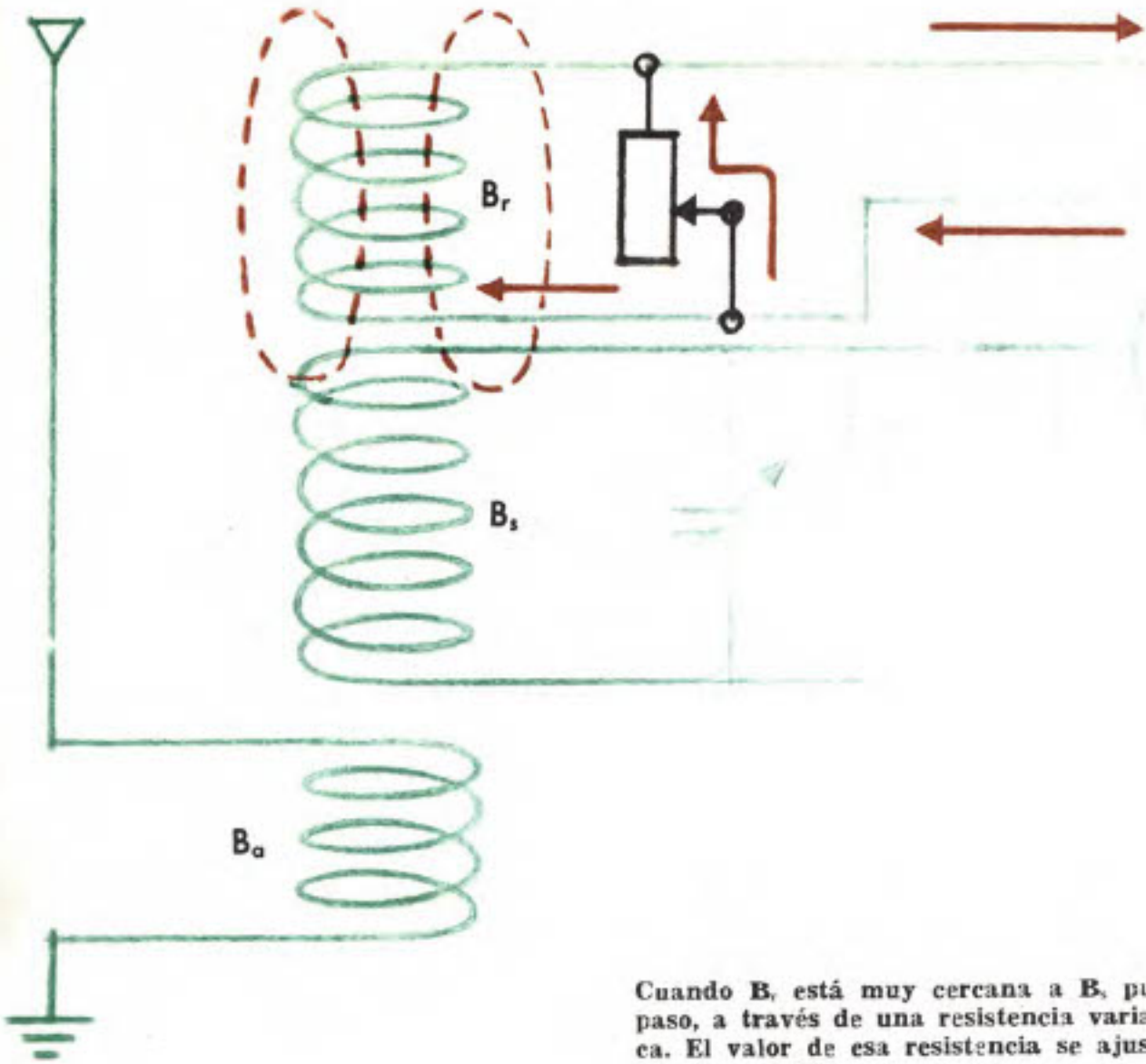
El engorro que representa disponer de ese mecanismo, aparte del peligro que supone que con el movimiento de la bobina se rompan los hilos con que se conecta, ha hecho que se busque solución para el ajuste de la reacción en otra forma. Un procedimiento más simple consiste, por ejemplo, en disponer una resistencia variable en paralelo con la bobina B_r. Vea el esquema que ilustra este sistema.



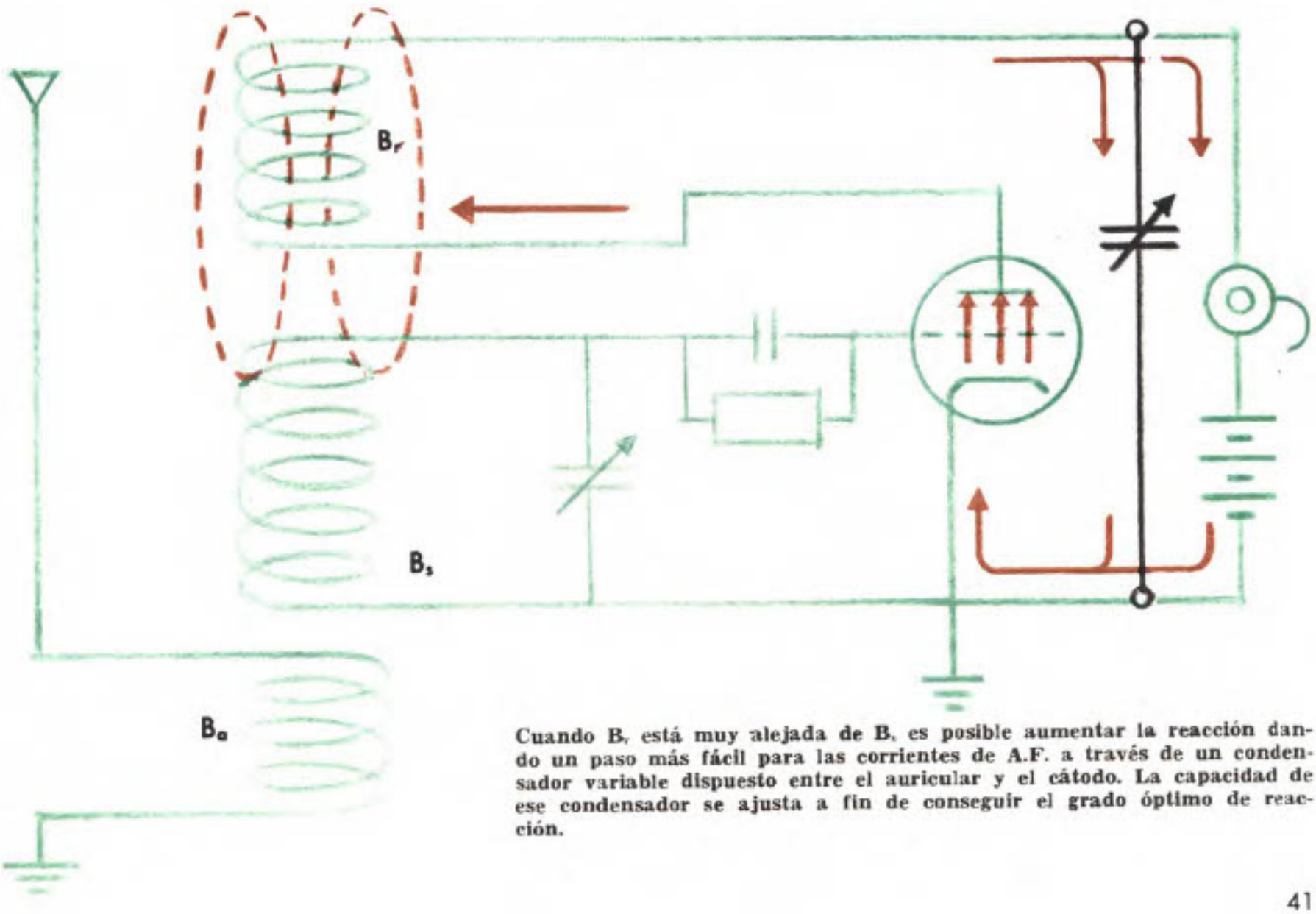
Si B_r esta muy cercana a B_s el factor de realimentación es grande, y la sensibilidad también. Pero si la proximidad entre B_r y B_s es excesiva, el aparato puede oscilar.



Si la bobina B_r está muy alejada, prácticamente no se produce reacción, ya que su flujo no alcanza a B_s. La sensibilidad del aparato es simplemente la del detector por rejilla.



Cuando B_r está muy cercana a B_s puede disminuirse la reacción dando paso, a través de una resistencia variable, a parte de la corriente de placa. El valor de esa resistencia se ajusta a fin de alcanzar el grado óptimo de reacción.



Cuando B_r está muy alejada de B_s es posible aumentar la reacción dando un paso más fácil para las corrientes de A.F. a través de un condensador variable dispuesto entre el auricular y el cátodo. La capacidad de ese condensador se ajusta a fin de conseguir el grado óptimo de reacción.

En estas condiciones sólo una parte de la corriente de placa circula por la bobina de reacción, ya que el resto se desvía por la resistencia y cruza el auricular sin haber afectado la bobina. Por tanto, no influye en el fenómeno de la reacción.

Cuando la resistencia tiene valor cero toda la corriente circula a través de ella y ninguna corriente por la bobina, y por tanto no se produce reacción. Si, en cambio, la resistencia presenta todo su valor (y cuando este valor es grande), casi toda la corriente deberá circular por la bobina, y la reacción tendrá por tanto un valor elevado.

La bobina B_r puede quedar permanentemente fija, con la única condición de que se halle situada cerca de la bobina B_s.

Otro procedimiento muy utilizado es el que ilustra el esquema. Consiste en colocar un condensador variable entre el cátodo del triodo y el extremo de la bobina B_r unido al auricular.

El funcionamiento es sencillo. En la rejilla del triodo se halla una tensión pulsante de alta frecuencia cuya forma es la que indicamos en la lección anterior. La corriente a través del triodo varía de acuerdo con esta tensión.

Ahora bien; como el auricular actúa gracias a dos bobinas de una autoinducción bastante elevada, estas bobinas dejan pasar con facilidad la señal de B.F. que dibujan los picos de la corriente. No ocurrirá lo mismo con las variaciones de A.F. de la corriente, que serán muy reducidas por efecto de esa misma autoinducción. Sin embargo, si queremos que se produzca realimentación — es decir, si queremos que la tensión que por inducción mutua aplica la bobina B_r a la B_s se sume a la que ésta recibe del bobinado de antena (en eso consiste la realimentación) —, es preciso que ambas tensiones varíen de la misma forma y por tanto con la misma frecuencia. Ello significa que la corriente que circula a través de B_r debe estar provista de los picos de A.F. Pues bien; si queremos que esas variaciones de A.F. de la corriente circulen a través de B_r con gran amplitud, bastará proporcionarles un camino más fácil que el que representan las bobinas del auricular.

Para conseguirlo se dispone un condensador variable en paralelo con el auricular. Al revés que las bobinas, los condensadores permiten con facilidad el paso de las corrientes de A.F., tanto más fácilmente cuanto mayor sea su capacidad.

Dado que el condensador es variable, podremos aumentar o disminuir su capacidad, con lo cual conseguiremos variar a voluntad el factor de reacción, que será tanto mayor cuanto más introducidas queden las placas móviles entre las fijas.

En los receptores que reaccionan por este sistema la bobina B_r debe estar fija y *algo separada* de la bobina B_s para que cuando el condensador esté *abierto del todo* (mínima capacidad) la realimentación se mantenga en un valor bajo.

La forma de sintonizar una emisora con un receptor a reacción es siempre la misma, cualquiera que sea el tipo de regulación de la reacción que empleemos.

En primer lugar, y con el control de reacción al mínimo, se hace girar el condensador de sintonía hasta que se perciba en el auricular la señal deseada. A continuación aumentaremos el factor de realimentación, con lo que notaremos un aumento en el volumen de los sonidos emitidos por el auricular y acabaremos por percibir un agudo silbido. En este momento rebajaremos la reacción lo justo para que cese el silbido; el receptor quedará ajustado a la máxima sensibilidad que es posible conseguir sin que el receptor oscile. El silbido que hemos percibido se debe a que el aparato ha entrado en oscilación por ser excesiva la realimentación; nace de la mezcla entre la señal de la emisora y la propia señal generada por el receptor al convertirse en oscilador.

Cuando se desee sintonizar otra emisora deberemos antes que nada rebajar la reacción y volver a ajustarla una vez sintonizada aquélla, tal y como hemos hecho antes, ya que para conseguir el grado óptimo de reacción será preciso situar su control en una posición diferente a la anterior Como es distinta la frecuencia de la señal ahora recibida, también lo será la reactancia de la bobina B_r para esa señal. En consecuencia, deberemos regular el control para compensar esa variación llevando el factor de reacción a su valor adecuado.

La cualidad más sobresaliente del detector a reacción es su gran sensibilidad.

En este aspecto representa una notable mejora sobre el detector por rejilla, del que en la lección anterior dijimos que era el más sensible de los estudiados.

Incombenientes

Un inconveniente es que se satura fácilmente; con más facilidad que el detector por rejilla, puesto que su sensibilidad es mayor. La fidelidad en este aparato es mediocre.

Otro inconveniente se halla en el hecho de que para obtener la máxima sensibilidad la reacción debe ajustarse de forma que el aparato esté a punto de oscilar. Por ello, cualquier pequeña alteración en ese ajuste, producida por una vibración u otra causa (la simple proximidad de la mano a la bobina B_r puede bastar), es suficiente para que el aparato oscile y emita el característico silbido. Por eso se dice de estos receptores que son inestables.

Un inconveniente de orden práctico se encuentra en la necesidad de ajustar *dos* controles cada vez que se desea sintonizar una señal; operación en que debe ponerse bastante cuidado, sobre todo cuando se ajusta el control de reacción. Estos inconvenientes motivan que estos circuitos no se empleen en receptores comerciales.

Sin embargo, su sensibilidad es tan extraordinaria, a pesar de los pocos elementos que intervienen en el circuito, que el aficionado, para quien no es un obstáculo la delicadeza con que deba manejar el aparato, lo emplea con mucha frecuencia; su escasa fidelidad halla compensación en aquel otro respecto.

Advertencia

Aquí, conviene hacer una advertencia. Si se ajusta el control de reacción de forma que el aparato entre en oscilación (el auricular emite el característico silbido), la señal que genera, que es de A.F., se transmite por inducción mutua no tan sólo a la bobina B_s, sino también a la B_a y de ella a la antena. Esa señal, pues, se radia al espacio. Es decir: que el aparato se ha convertido en una pequeña emisora que emite aproximadamente con la misma frecuencia que se pretende recibir. Si en las proximidades de un receptor a reacción existe otro sintonizado en la misma emisora, recibirá también la señal emitida por el receptor convertido en oscilador, y también en él la mezcla de las dos señales producirá un silbido que no permitirá la audición de la emisión deseada. Este hecho, consistente en interferir la recepción de una señal por medio de otra señal, que nosotros provocamos, está legalmente prohibido. Por tanto, debemos abstenernos de mantener el aparato en oscilación durante más tiempo que el requerido para su ajuste.

TIPOS DE OSCILADORES

De lo que llevamos estudiado en este capítulo podemos llegar a la conclusión de que un oscilador, en esencia, no es más que un amplificador realimentado positivamente.

Los diversos tipos de osciladores dependen del tipo de amplificador utilizado y de cómo esté constituido el lazo de realimentación.

Para obtener un oscilador, pues, necesitamos por una parte un amplificador y por otra un lazo de realimentación. Ambos componentes admiten distintas soluciones, pues, en efecto, encontramos amplificadores de muy varios modelos, y también los procedimientos empleados para aplicar al amplificador parte de la señal de salida son muy variados.

De ahí se deduce de inmediato que no existirá un solo tipo de oscilador, sino todo lo contrario: existen varios tipos.

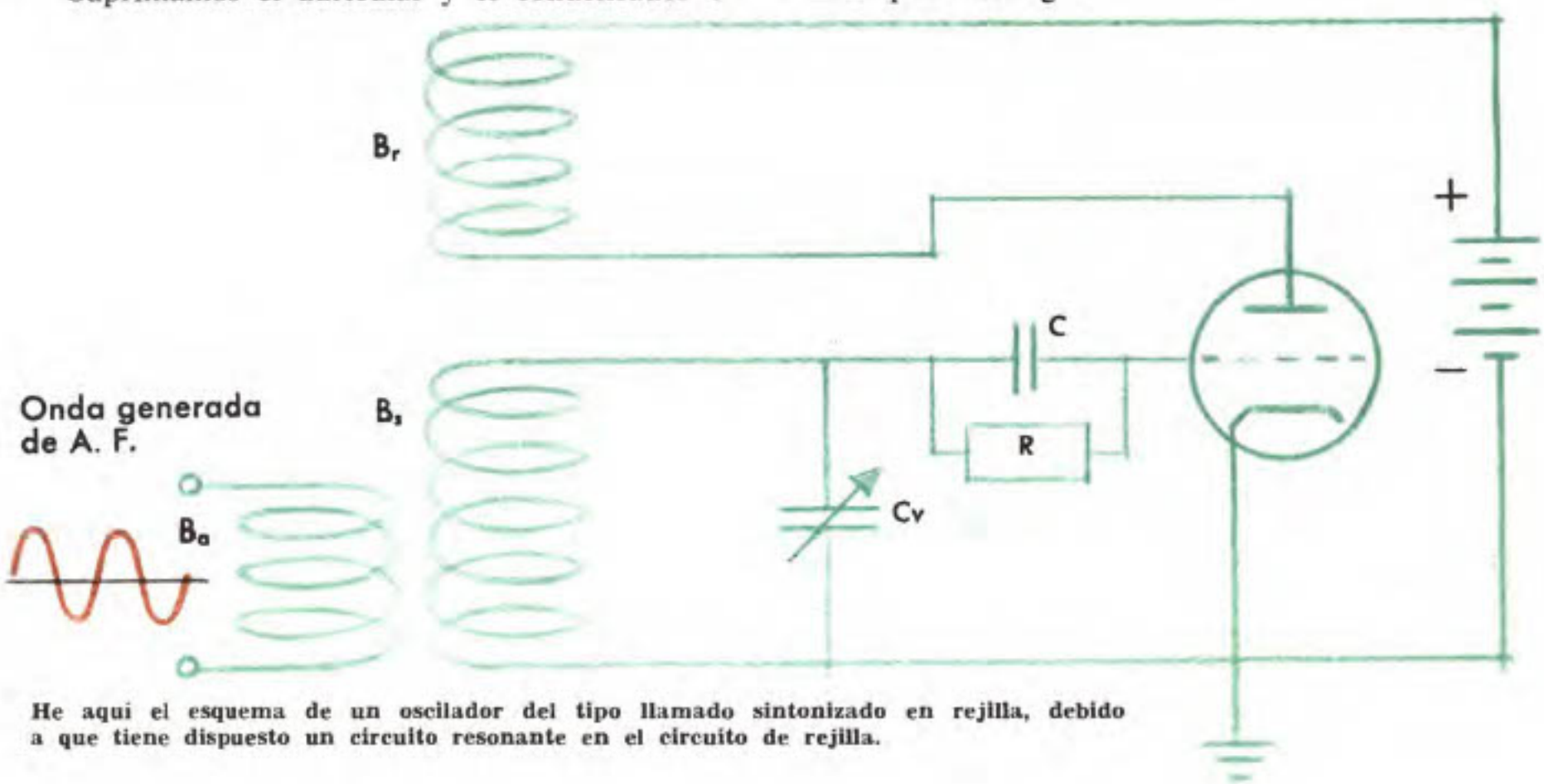
Las últimas páginas de este capítulo están dedicadas a describir, desde un punto de vista técnico, un par de sencillos osciladores.

EL OSCILADOR SINTONIZADO EN REJILLA

El amplificador más sencillo que podemos considerar es, como ya sabe, un simple triodo.

Precisamente, acabamos de ver que si a un triodo se le aplica una realimentación positiva se convierte en un oscilador. Estas consideraciones nos dan pie para estructurar nuestro primer esquema de un oscilador, que será el más simple, puesto que trabajamos con el más elemental de los amplificadores. En efecto:

Suprimamos el auricular y el condensador o resistencia que regulan la reacción en el esquema del receptor a reacción que hemos estudiado. Si las bobinas B_r y B_s están suficientemente próximas para que la realimentación haga oscilar el circuito, habremos conseguido nuestro primer esquema de oscilador. En los extremos del bobinado B_a, de los que habremos desconectado las tomas de antena y tierra, tendremos una señal alterna de A.F. que podremos emplear para los fines que convengan.



He aquí el esquema de un oscilador del tipo llamado sintonizado en rejilla, debido a que tiene dispuesto un circuito resonante en el circuito de rejilla.

Este oscilador recibe el nombre de OSCILADOR SINTONIZADO EN REJILLA.

Veamos el porqué de esta denominación:

Es precisamente en el circuito de rejilla donde se encuentra un circuito resonante, que juega un papel fundamental en el funcionamiento del oscilador; papel que consiste en determinar la frecuencia de la señal generada por el dispositivo.

Se comprende: del flujo creado por las corrientes que atraviesan la bobina B_r, sólo el que varíe con la misma frecuencia a que esté ajustada la resonancia del circuito oscilante provocará tensiones inducidas de valor suficiente en el circuito de rejilla; por tanto, sólo para corrientes de esta frecuencia habrá una realimentación real, y por consiguiente oscilación.

Luego, bastará alterar el valor de la capacidad del condensador variable C_v (con ello variaremos la frecuencia de resonancia) para variar a voluntad la frecuencia de la señal generada por el oscilador.

OSCILADOR SINTONIZADO EN PLACA

En realidad se trata de una variante del oscilador sintonizado en rejilla. La diferencia se consigue al situar el circuito resonante en el circuito de placa en vez de colocarlo en el de rejilla.

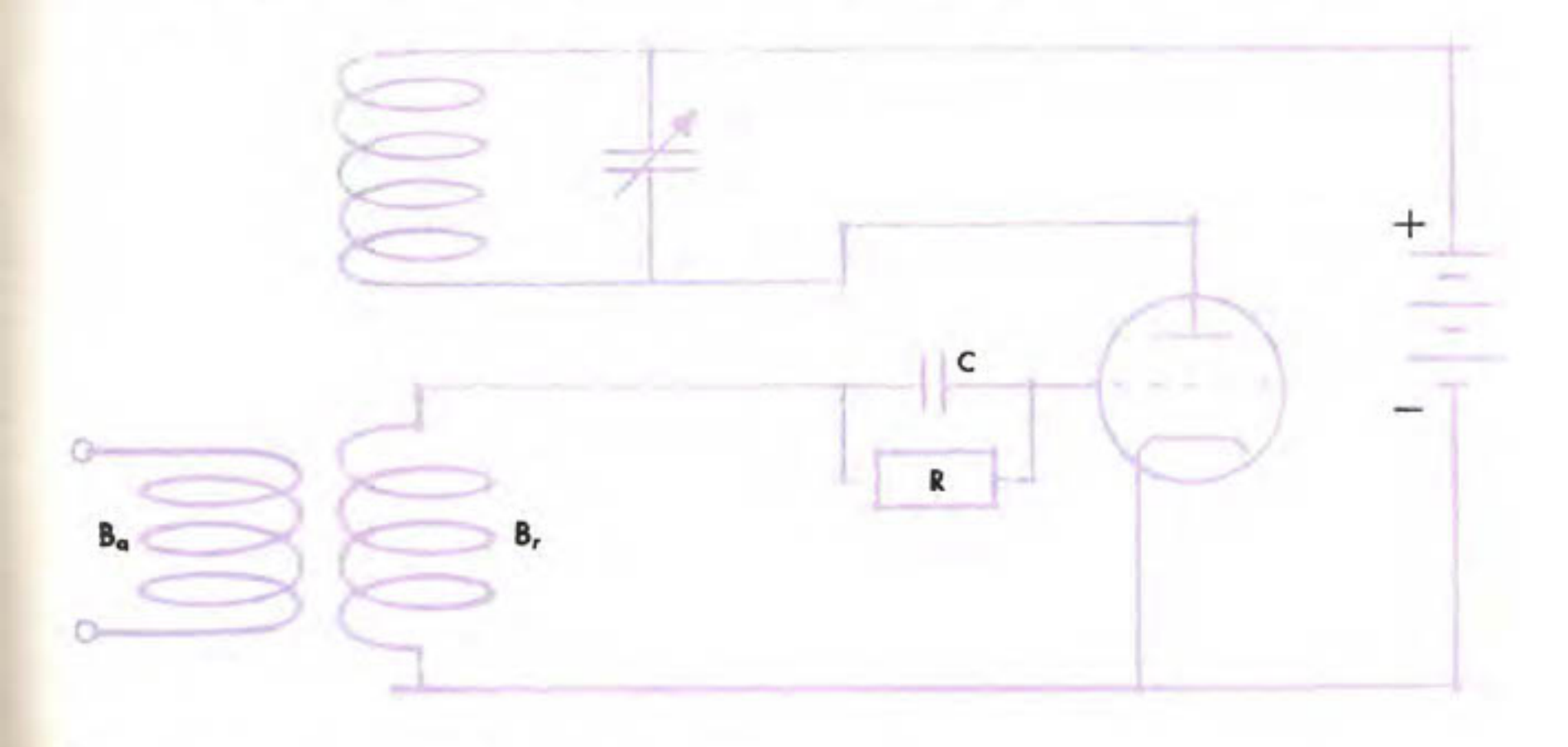
El funcionamiento de este oscilador sintonizado en placa es prácticamente igual que el del oscilador sintonizado en rejilla.

Lo que ahora ocurre es que sólo las corrientes que circulan por B_r que tengan la misma frecuencia que el circuito resonante podrán producir en los extremos de éste una diferencia de potencial, ya que sólo para tal frecuencia el circuito se comportará como una resistencia y no como un conductor.

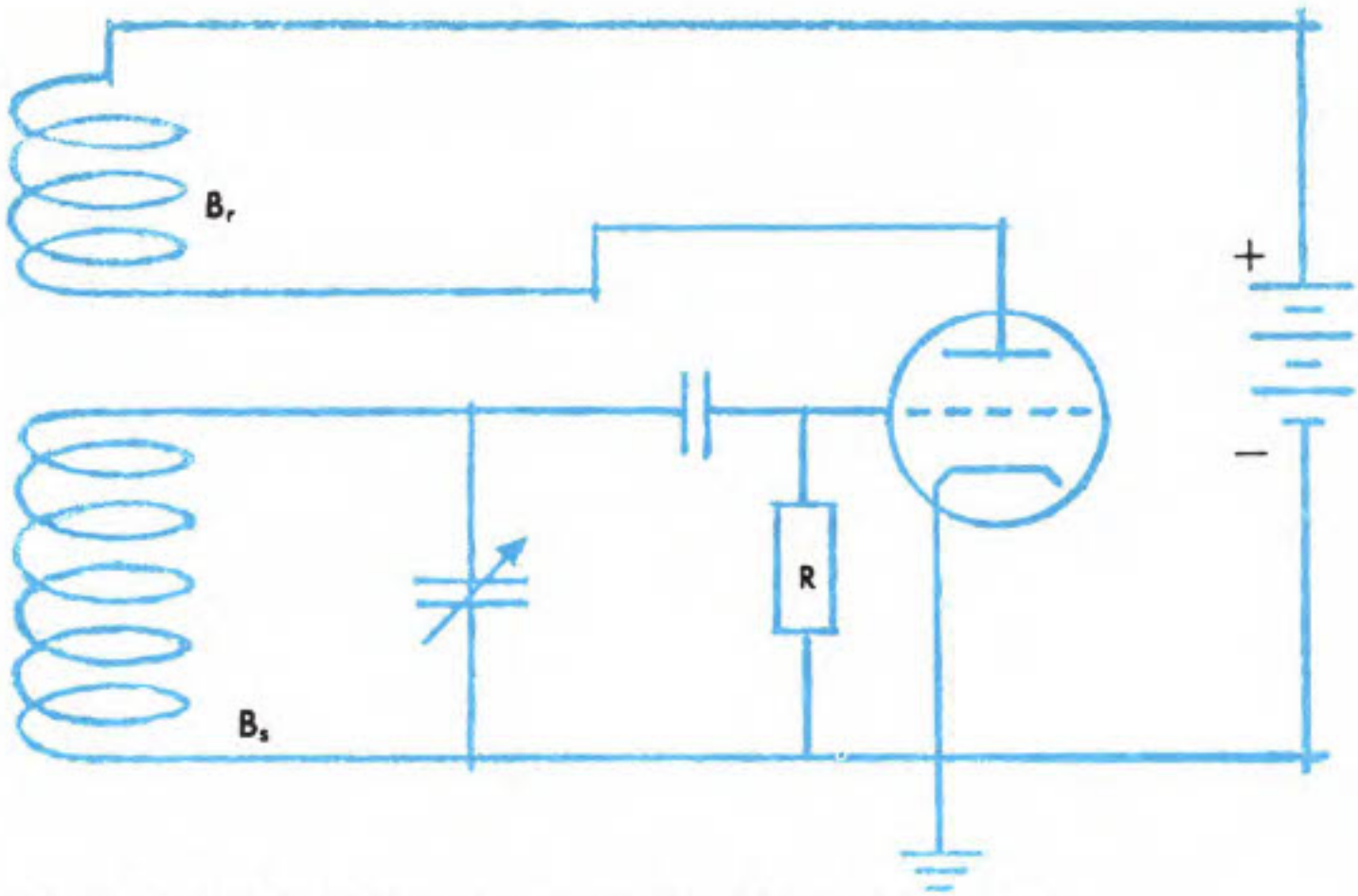
En consecuencia, y en virtud del principio del transformador, sólo en estas condiciones aparecerá una tensión en los extremos de B_r. El resultado final es el mismo de antes: sólo se produce realimentación, y por tanto oscilación, para una determinada frecuencia, que será, por consiguiente, la frecuencia de las corrientes generadas por el oscilador.

En determinadas ocasiones, la resistencia R se conecta entre rejilla y cátodo, en vez de hacerlo directamente entre los extremos del condensador C. Esta variación, empero, en nada altera el comportamiento del sistema.

Existen muchos más tipos de osciladores, de los que deberemos hablar en el momento oportuno; pero los dos que acabamos de describir tienen un interés especial plenamente justificado por el hecho de que, bien sea en la modalidad del oscilador sintonizado en rejilla como en la modalidad del oscilador sintonizado en placa, forman parte integrante de un tipo de receptor muy perfeccionado: el superheterodino.

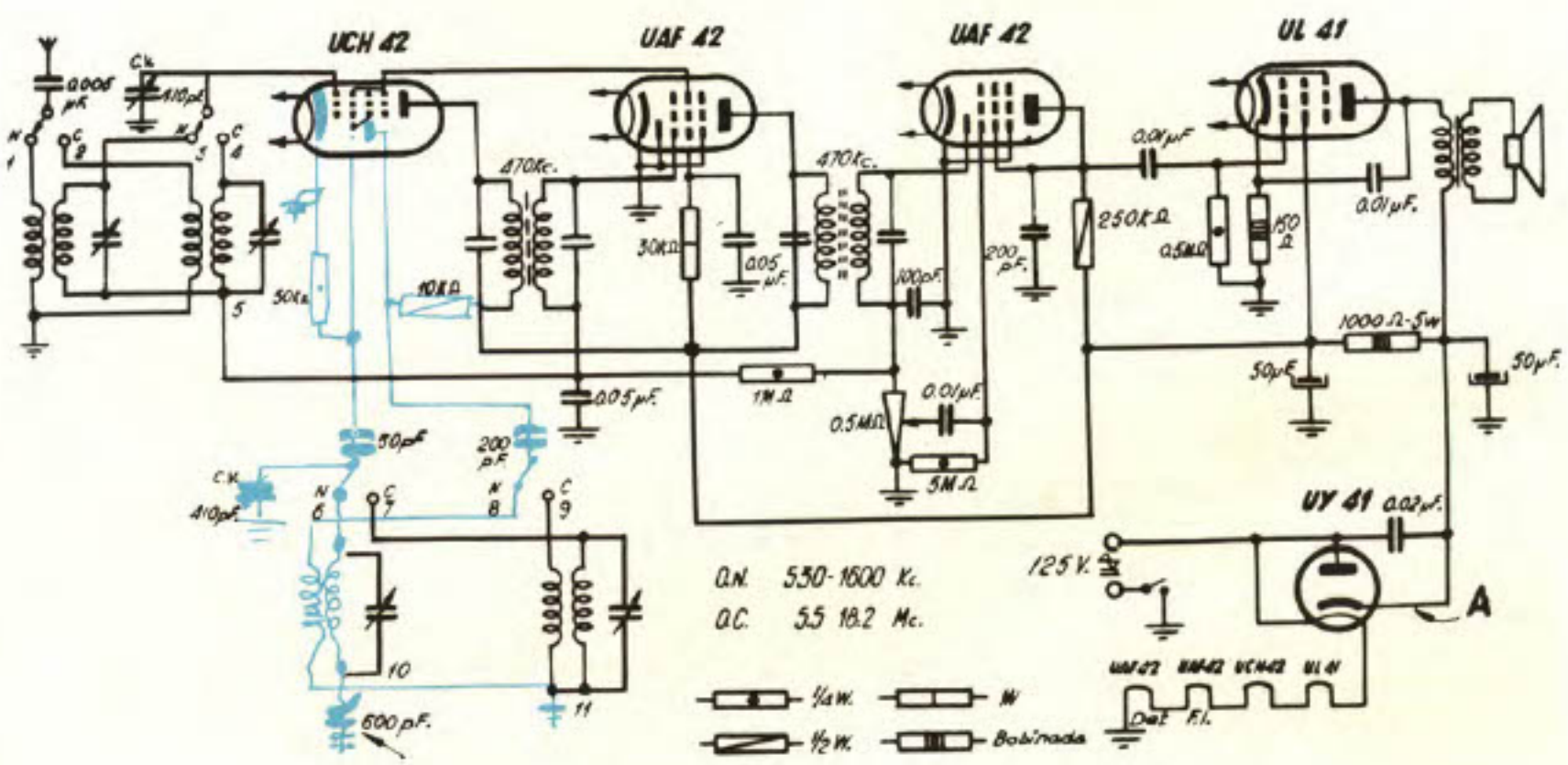


Este es el esquema de un oscilador sintonizado en placa.



Esta es una variante del oscilador sintonizado en rejilla, que difiere solamente en el hecho de que R está conectada directamente al cátodo en lugar de hacerlo a través de la bobina B_s. Esta variante se da también en los osciladores sintonizados en placa. El funcionamiento no difiere esencialmente en nada de los que hemos estudiado.

Le proporcionamos el esquema de un receptor superheterodino, en el cual destacamos la parte del circuito que corresponde al oscilador. Puesto que la meta final de los ejercicios prácticos que proponemos en estas lecciones es la construcción de un superheterodino para A.M. y F.M., creemos muy interesante que se acostumbre a identificar, entre la totalidad del esquema, aquellas etapas que admiten un estudio particular. Tal es el caso de las etapas detectoras y el presente: el caso de un oscilador que forma parte de un circuito mucho más complejo.



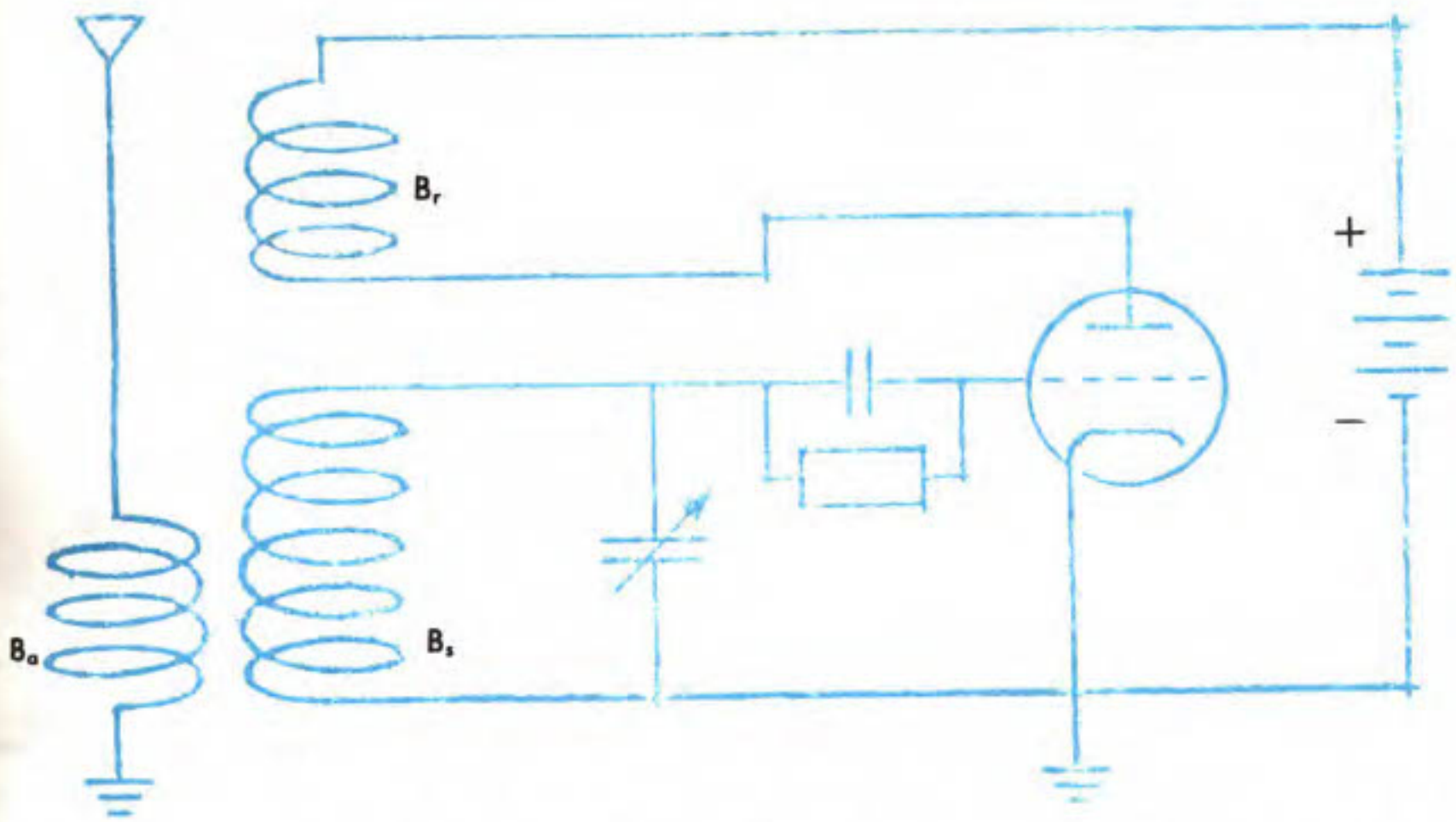
UN EMISOR ELEMENTAL

Volvamos de nuevo al esquema de nuestro oscilador y conectemos a los bornes libres de B_a una antena y una tierra.

Ahora, puesto que en los extremos de B_a, teníamos una señal alterna de A.F., será la antena quien la recoja para radiarla al espacio. Tenemos, pues, un pequeño emisor capaz de radiar una señal de A.F.

Claro que la señal radiada tendrá una amplitud constante, puesto que en ella no existe modulación alguna. La onda emitida por la antena de nuestro rudimentario emisor es, en realidad, una portadora *sin modular*. Si con un receptor sintonizásemos la señal emitida, no percibiríamos ningún sonido.

Lo ideal es, naturalmente, llegar a transmitir sonidos inteligibles. Para conseguirlo no hay más solución que modular la onda portadora



Un oscilador se convierte en un emisor sin más que conectar los terminales de B. a las tomas de antena y tierra, pues de esta forma se consigue radiar la onda generada en el circuito.

que proporciona el oscilador de acuerdo con la amplitud de los sonidos que deseamos radiar.

Veamos un sistema elemental para conseguir esta modulación:

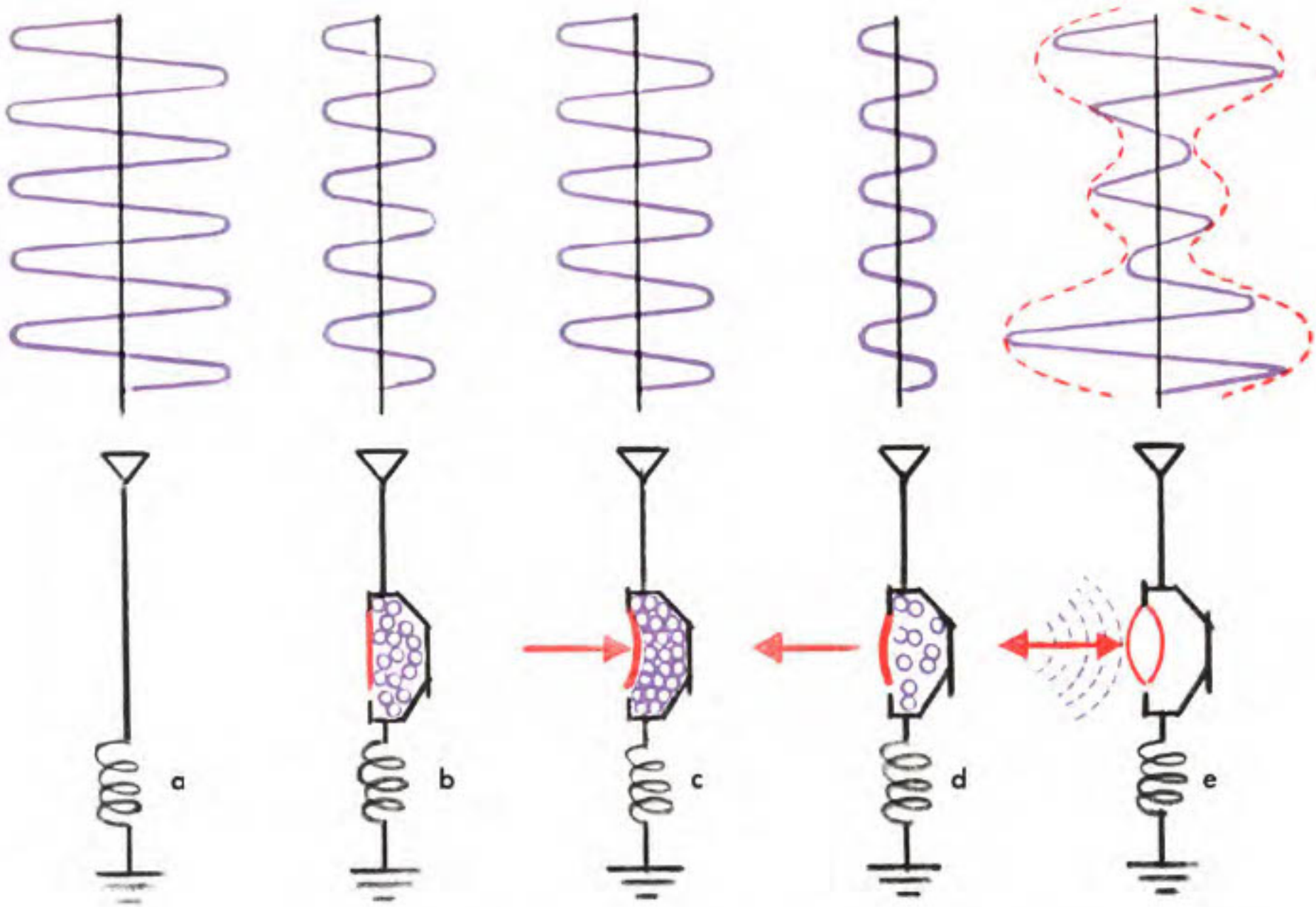
Basta con intercalar un micrófono de carbón, entre la antena y la bobina B_a.

La acción moduladora del micrófono es de fácil comprensión si recordamos que dicho instrumento actúa gracias a las variaciones que experimenta su resistencia eléctrica.

Recuerde eso: la resistencia del micrófono disminuye cuando se ejerce una presión sobre la lámina móvil. La razón está, a su vez, en la presión que esta lámina o diafragma ejerce sobre la granalla de carbón del interior del micrófono.

Una vez recordado este principio, supongamos que hemos intercalado un micrófono entre la antena y B_a. Por el simple hecho de encontrarse con el micrófono, las corrientes que atraviesan la antena encontrarán una resistencia mayor, lo que, como es lógico, provocará una disminución de su intensidad.

Llegamos a una primera evidencia: con el micrófono intercalado, las corrientes que atraviesan la antena tendrán menor intensidad que las que la atravesaban antes de la adición del micrófono. Por tanto, la señal radiada tendrá una amplitud menor que la señal que podemos medir en los extremos de B_a. Es lo que quieren representar los gráficos A y B.



He aquí explicado gráficamente el proceso de la modulación:
a) Al estar conectada directamente la bobina B, a la antena, la onda emitida tiene gran amplitud.
b) Al insertar el micrófono, la amplitud disminuye a causa de la resistencia de aquél.
c) Al presionar sobre la lámina del micrófono su resistencia disminuye y la amplitud vuelve a ser casi la misma que en a).
d) Si por el contrario tiramos de la lámina hacia afuera, la amplitud será menor que en el caso b).
e) Las sucesivas presiones y depresiones ocasionadas por un sonido son causa de una variación continua en la amplitud de la portadora (modulación).

Consideremos lo que ocurre en el momento en que el diafragma del micrófono recibe un impulso hacia adentro (C). Ante tal estímulo la granalla de carbón queda más apretada; disminuye la resistencia y aumenta la intensidad de la corriente que recorre la antena. En consecuencia aumentará la amplitud de la señal emitida (portadora) llegando a ser casi igual que en el caso **A**.

Ante una descompresión de la granalla (gráfico D) aumenta la resistencia del micrófono y la señal que emite la antena disminuye en amplitud.

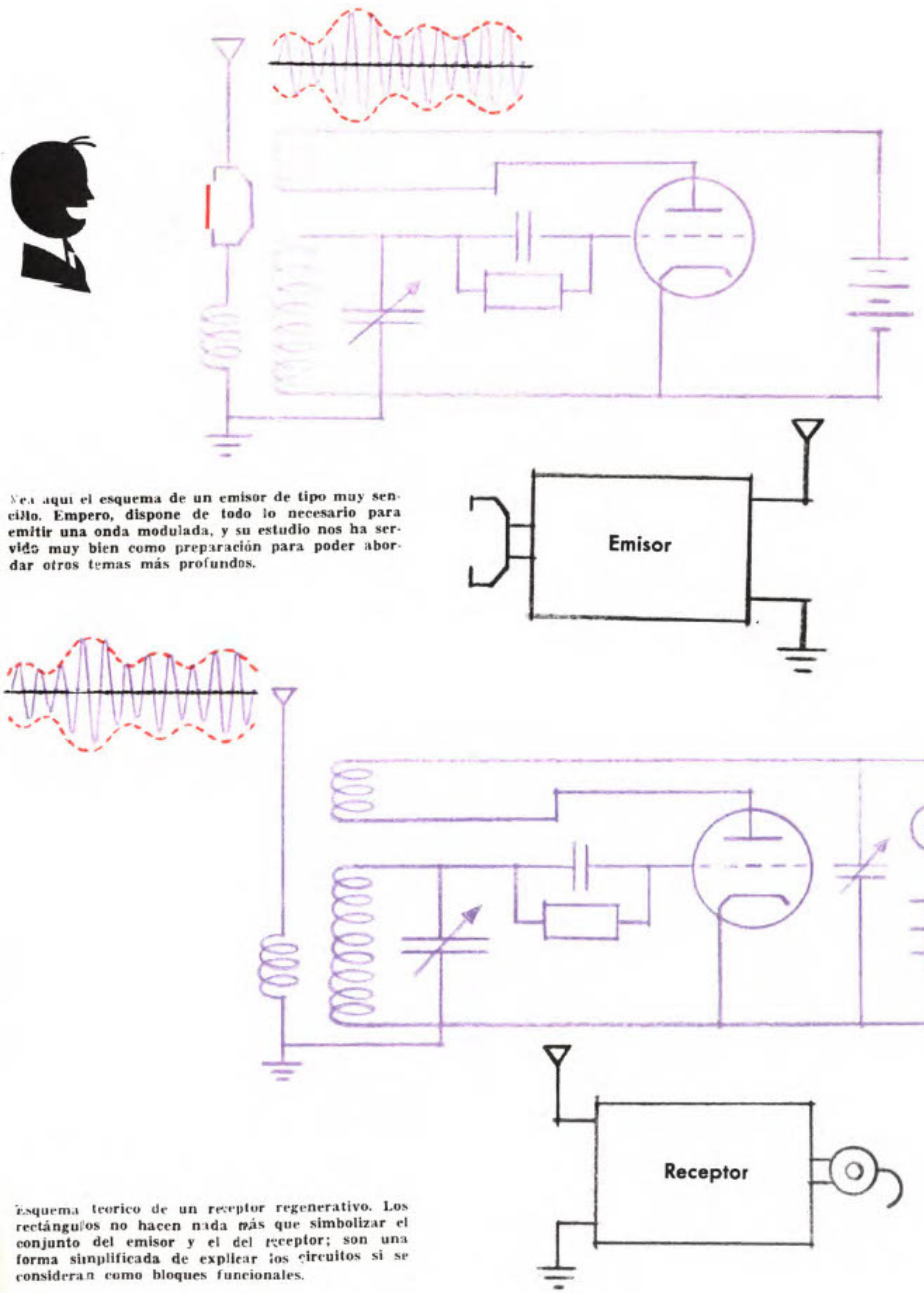
Hemos considerado tres valores de resistencia, para cada uno de los cuales la portadora ha adquirido una determinada amplitud.

Si por un estímulo continuado e irregular provocamos constantes compresiones y descompresiones de la granalla del micrófono obtendremos una portadora cuya amplitud estará modulada de acuerdo con la intensidad de cada estímulo recibido por el micrófono.

La causa de estas variaciones puede ser, como sabemos, la voz humana.

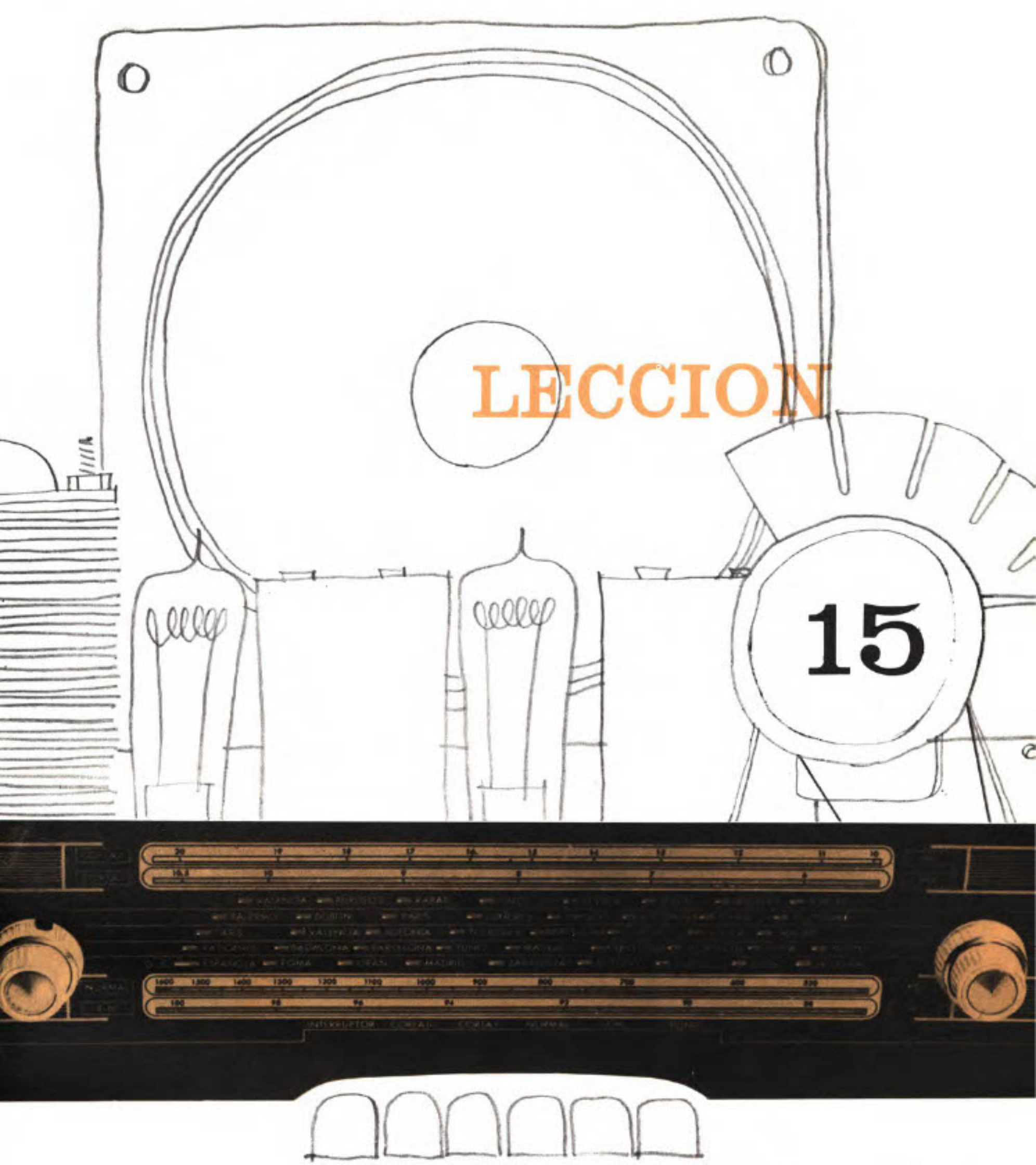
Desde luego que el rendimiento de este emisor elemental no es muy elogiable; pero es posible que su descripción nos haya ilustrado con bastante claridad sobre el fenómeno de la modulación y el principio del funcionamiento de las grandes emisoras.

Nuestros conocimientos empiezan a permitirnos la sustitución de aquellos recuadros simbólicos que representaban un receptor y un emisor (¿recuerda?) por dos esquemas más elaborados, en los que ya conocemos la misión de cada una de sus partes.



Vea aquí el esquema de un emisor de tipo muy sencillo. Empero, dispone de todo lo necesario para emitir una onda modulada, y su estudio nos ha servido muy bien como preparación para poder abordar otros temas más profundos.

Esquema teórico de un receptor regenerativo. Los rectángulos no hacen nada más que simbolizar el conjunto del emisor y el del receptor; son una forma simplificada de explicar los circuitos si se consideran como bloques funcionales.



LECCION 15

Amplificadores: sus tipos

Amplificación por transformador

El triodo como amplificador de intensidad

Ganancia de un amplificador de intensidad. Cálculo

radiotecnia 5

Amplificadores - diversos tipos - los transformadores como amplificadores en c. a. - Idem. como c. c. variable - Valor medio de una c. a. - El triodo como amplificador de intensidad - Cálculo de ganancia.

RECAPITULEMOS

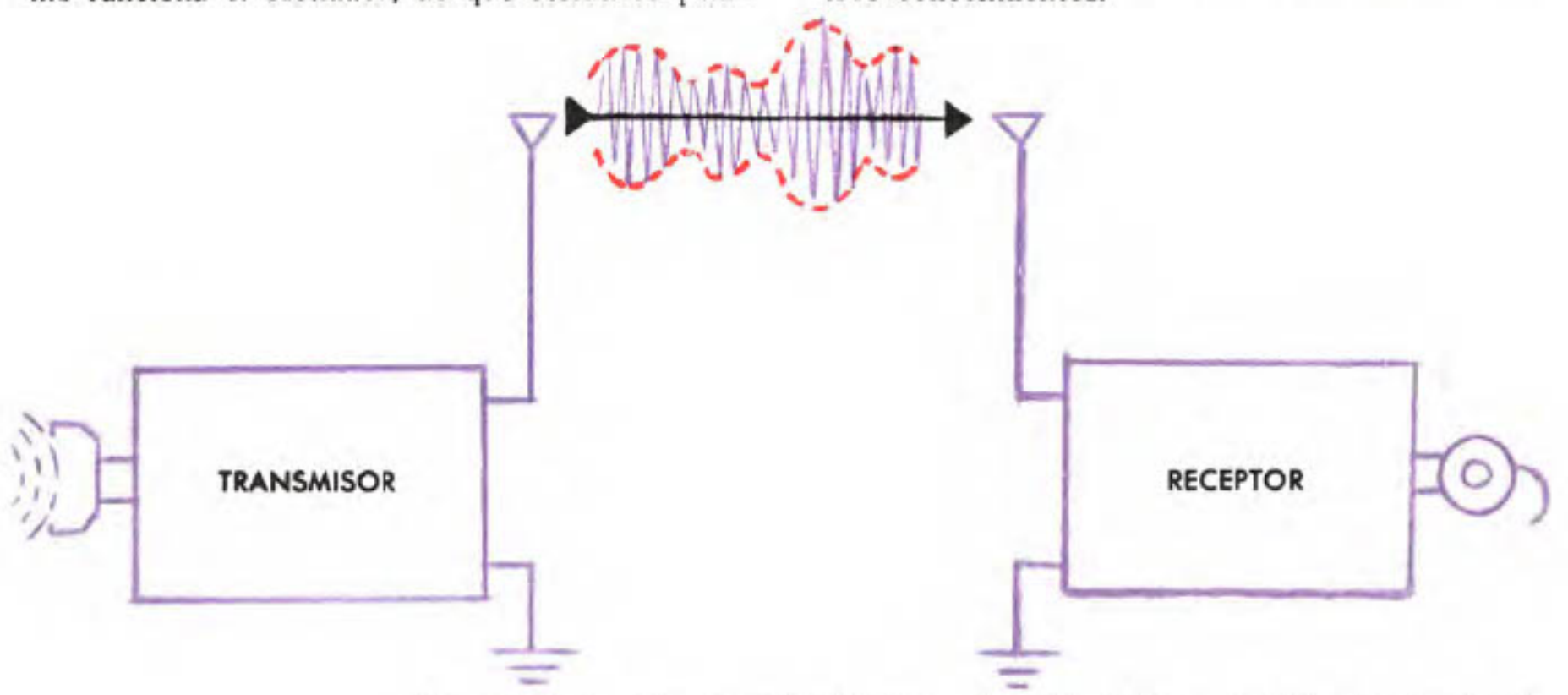
Cada vez que finalizamos una nueva lección queda un poco más lejos aquel primer esquema que, en la lección 5 de nuestro método, nos ilustraba sobre la composición de un aparato radiorreceptor.

Etapa tras etapa hemos intentado desentrañar la composición de aquellos bloques funcionales en que desglosábamos el receptor y el emisor, a los que con tal prodigalidad hemos hecho referencia.

Hemos visto la constitución del detector, cómo funciona el *oscilador*, de qué forma es posible *modular* en amplitud la señal generada por este oscilador; y también cómo es posible utilizar las propiedades del triodo para amplificar las corrientes eléctricas.

Como tema independiente, hemos estudiado y montado una fuente de alimentación.

Nos apresuramos a decir que este estudio no ha pasado de un grado elemental, lo que en adelante nos obligará a volver sobre los mismos temas para estudiar sistemas cada vez más perfeccionados que nos permitirán profundizar en nuestros conocimientos.



Etapa tras etapa hemos profundizado en el sentido de la composición del receptor de radio. Recuerde cómo este gráfico ha sido nuestro punto de partida, del cual estamos cada vez más separados.

MAS SOBRE LA AMPLIFICACION

Es innegable que la amplificación es, quizás, la más importante de cuantas funciones puede realizar una válvula termoiónica. Por ello, y porque hasta ahora hemos tratado del tema con bastante ambigüedad, iniciamos en ésta una serie de lecciones dedicadas a tan primordial función.

AMPLIFICADORES - DIVERSOS TIPOS

a) Según la magnitud que deben amplificar

Decíamos que el amplificador es un dispositivo destinado a la transformación de las señales eléctricas en otras de igual aspecto, pero de mayor amplitud. Eso lo recordamos perfectamente; como también recordamos que en toda corriente eléctrica debemos considerar dos magnitudes distintas: la intensidad y la diferencia de potencial o voltaje que hace circular la corriente a través de un circuito determinado.

Según eso, cuando decimos que un amplificador aumenta la amplitud de las señales eléctricas, ¿qué queremos dar a entender?... ¿Que a la salida del amplificador hay mayor tensión? ¿O mayor intensidad? ¿Quizás las dos cosas a la vez...?

De hecho caben las tres posibilidades. En ocasiones conviene aumentar con preferencia la tensión (V) de las señales, por lo que necesitaremos un amplificador al que, por su función específica, llamaremos AMPLIFICADOR DE TENSIÓN.

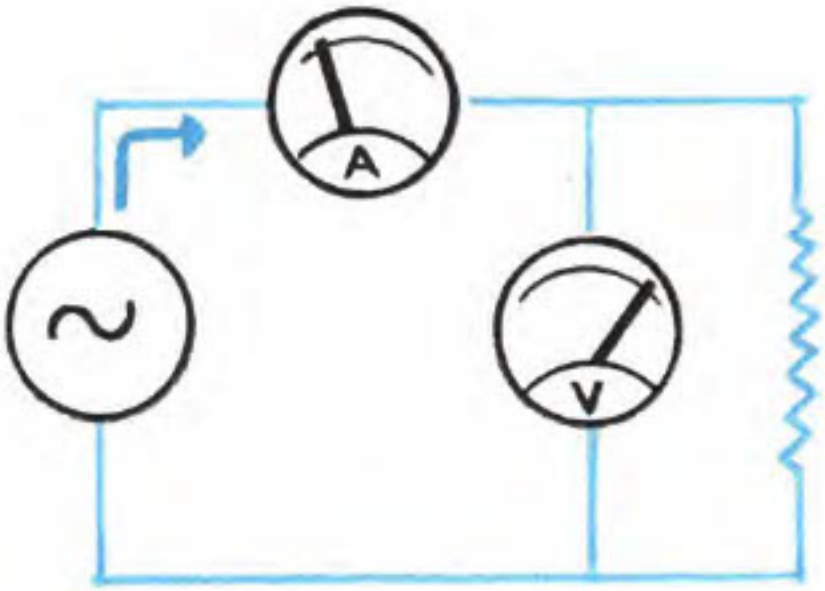
Por contra, lo que otras veces necesitaremos será mayor intensidad a la salida del amplificadora. Para conseguirla emplearemos un AMPLIFICADOR DE INTENSIDAD.

Por último cabe una tercera posibilidad: que no busquemos la amplificación exclusiva de la intensidad o de la tensión, sino la del producto de ambas magnitudes.

Y como el producto $V \times I$ es igual a la potencia ($P = V \times I$), el amplificador que actúe como el que proponemos será un AMPLIFICADOR DE POTENCIA.

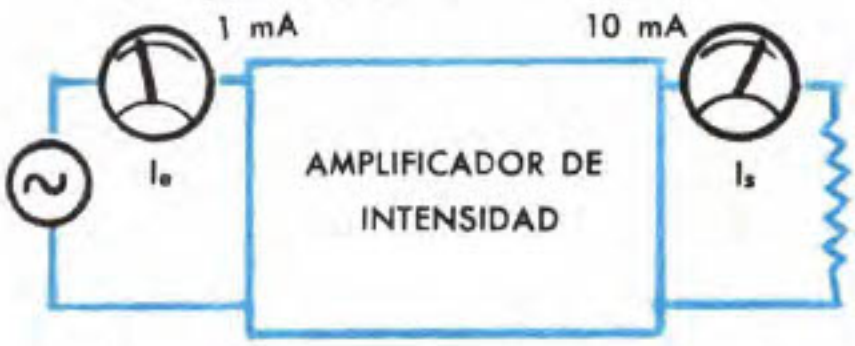
Aquí conviene recordar que, en muchas circunstancias, las aplicaciones de una corriente eléctrica dependen de su potencia.

La producción de calor, la potencia mecánica desarrollada por una corriente, la intensidad de los sonidos emitidos por un altavoz y otros mu-



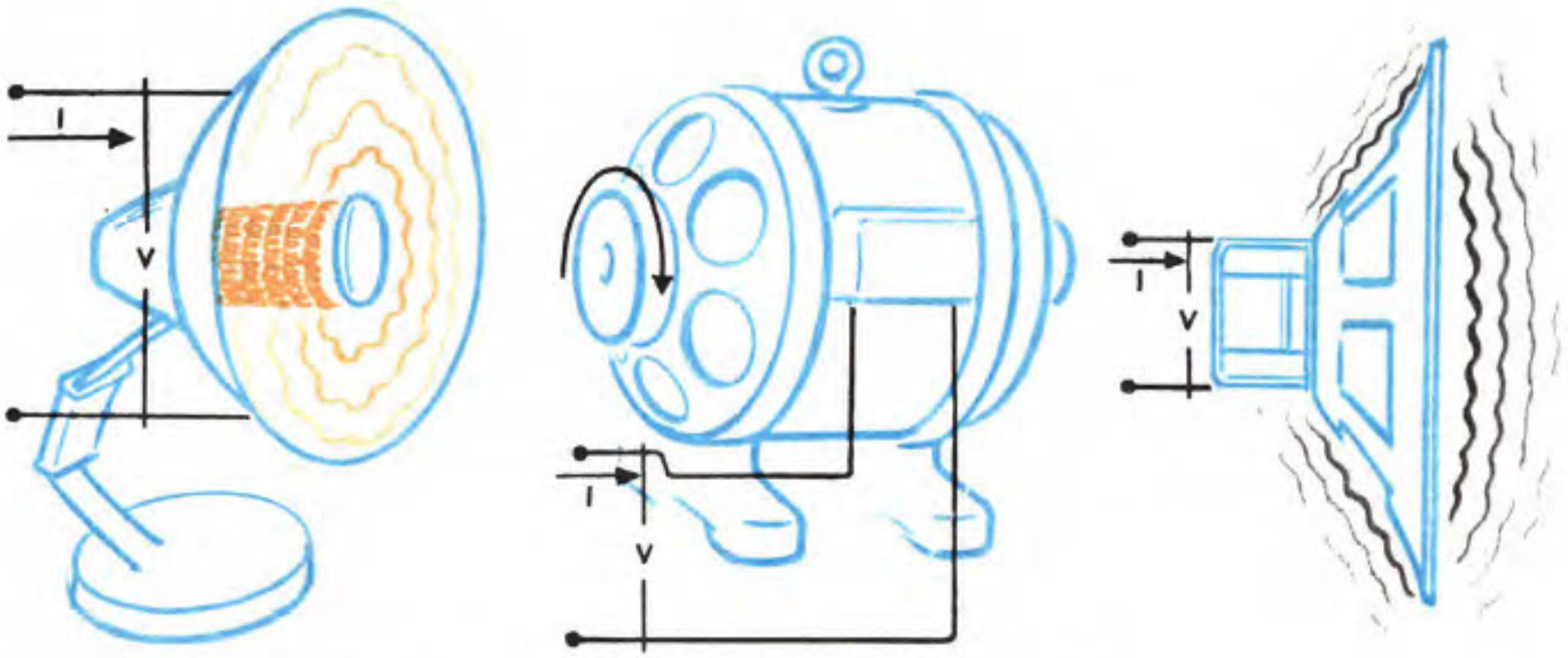
Debemos tener en cuenta la intensidad y el voltaje de la corriente que recorre el circuito formado por el generador y la resistencia.

La tensión medida a la salida de un amplificador de tensión (V_s) será mayor que la tensión que aplicamos a su entrada. La resistencia representa cualquier dispositivo que requiera tal amplificación.



La intensidad a la salida (I_s) de un amplificador de intensidad es mayor que a su entrada (I_e).

En un amplificador de potencia, el producto $V_s \times I_s$, llamado potencia de salida, es mayor que el producto $V_e \times I_e$, o potencia de entrada.



El calor proporcionado por la estufa, la potencia mecánica del motor y el volumen sonoro emitido por el altavoz dependen del producto V × I; es decir, de la potencia.

chos ejemplos que podríamos exponer dependen del valor de la potencia; o sea, del valor que alcance el producto V × I.

Será, pues, un error creer que un motor dispuesto para funcionar con una tensión de 220 V será más potente que otro calculado para una tensión de 125 V. La potencia depende también de la intensidad que consuman. Si el de 220 V consume 2 A y el de 125 V consume 5 A, el más potente será el segundo, puesto que $220 \times 2 = 440$ W; y $125 \times 5 = 625$ W.

Queda clara, creemos, la distinción entre amplificadores de potencia, tensión e intensidad.

b) Según el tipo de corriente que deben amplificar

Un amplificador, según hemos quedado, puede amplificar la intensidad, la tensión o la potencia de una corriente eléctrica; pero tales factores pueden referirse a una corriente continua o a una corriente alterna. Los amplificadores empleados en uno y otro caso serán respectivamente AMPLIFICADORES PARA CORRIENTE CONTINUA y AMPLIFICADORES PARA CORRIENTE ALTERNA.

Si se trata de un amplificador para corriente alterna, cabe otra distinción, ciertamente importante, que deriva de la frecuencia de la corriente alterna a amplificar.

Una c.a. puede ser de alta frecuencia (A.F.) o de baja frecuencia (B.F.). Según el caso deberemos contar con la acción de un AMPLIFICADOR DE A.F. o de un AMPLIFICADOR DE B.F.

Así, por ejemplo, las corrientes que salen de un micrófono son corrientes alternas de B.F. En el caso de que estas señales deban amplificarse para que puedan accionar un altavoz, utilizaremos un amplificador de B.F.

Un caso inverso será aquel en que se pretenda amplificar las señales recibidas por la antena de un receptor. Son señales de A.F.; por tanto, el amplificador a emplear será de A.F.

Aún es posible distinguir nuevas clases de amplificadores como subtipos dentro de los básicos. Esta subdivisión atiende a las diversas condiciones de trabajo en que deben funcionar los amplificadores. De todo ello hablaremos cuando se estudien estas condiciones a que nos referimos.

LOS TRANSFORMADORES COMO AMPLIFICADORES EN CORRIENTE ALTERNA

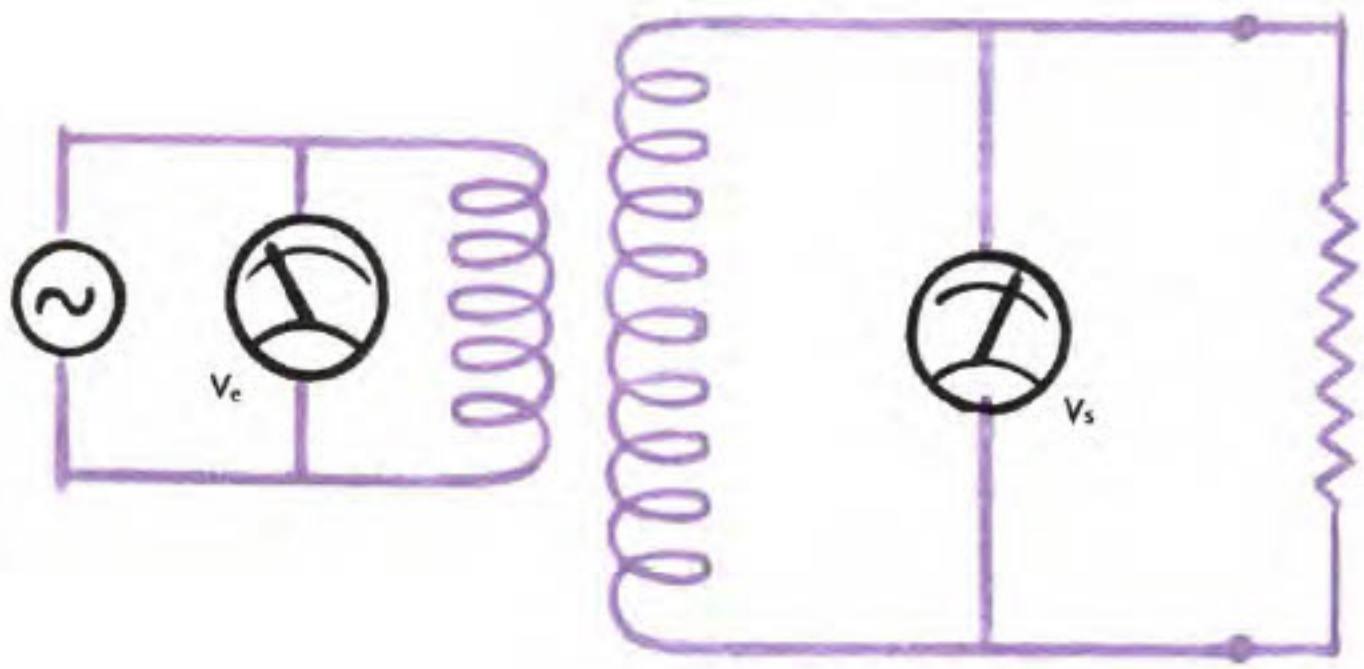
El nivel que hemos alcanzado en nuestros estudios nos permite comprender que un transformador puede desempeñar una función amplificadora.

Un caso muy característico, donde el principio del transformador se mostraba eficaz para obtener una señal amplificada, es el que tratamos al

proponer el estudio y montaje del receptor con detección por diodo de germanio. Allí, recuérdelo, las señales recibidas por la antena pasaban a una primera bobina (bobina de antena), muy próxima a otra bobina situada sobre el mismo tubo y con más espiras (la bobina de sintonía), en la cual, y gracias al fenómeno de la inducción mutua entre dos solenoides, las señales eran amplificadas.

Ambas bobinas, en efecto, actúan como un transformador formado por un primario (que es la bobina de antena) y un secundario con más espiras (que es la bobina de sintonía).

En este caso, el transformador formado por las dos bobinas actúa como un transformador de tensión, en el sentido de proporcionar una amplificación de la misma. Y como no nos hallamos ante un caso único, sino general, podemos afirmar que todo transformador cuyo secundario tenga más espiras que el primario es, en definitiva, un amplificador de tensión.



Si el número de espiras del secundario es mayor que el número de espiras del primario, el transformador amplifica la tensión. Dicho de otra forma: la tensión de salida V_s es mayor que la tensión a la entrada.

En la lección anterior dijimos que la ganancia de un amplificador (G) es la relación que existe entre la amplitud de la señal a la entrada y la amplitud que adquiere a la salida:

$$G_v = \frac{V_s}{V_e}$$

Pero las tensiones mantienen una relación de valores en íntima dependencia con el número de espiras del primario y del secundario. Por tanto, podemos escribir lo siguiente:

$$G_v = \frac{V_s}{V_e} = \frac{\text{número de espiras del secundario}}{\text{número de espiras del primario}} = n$$

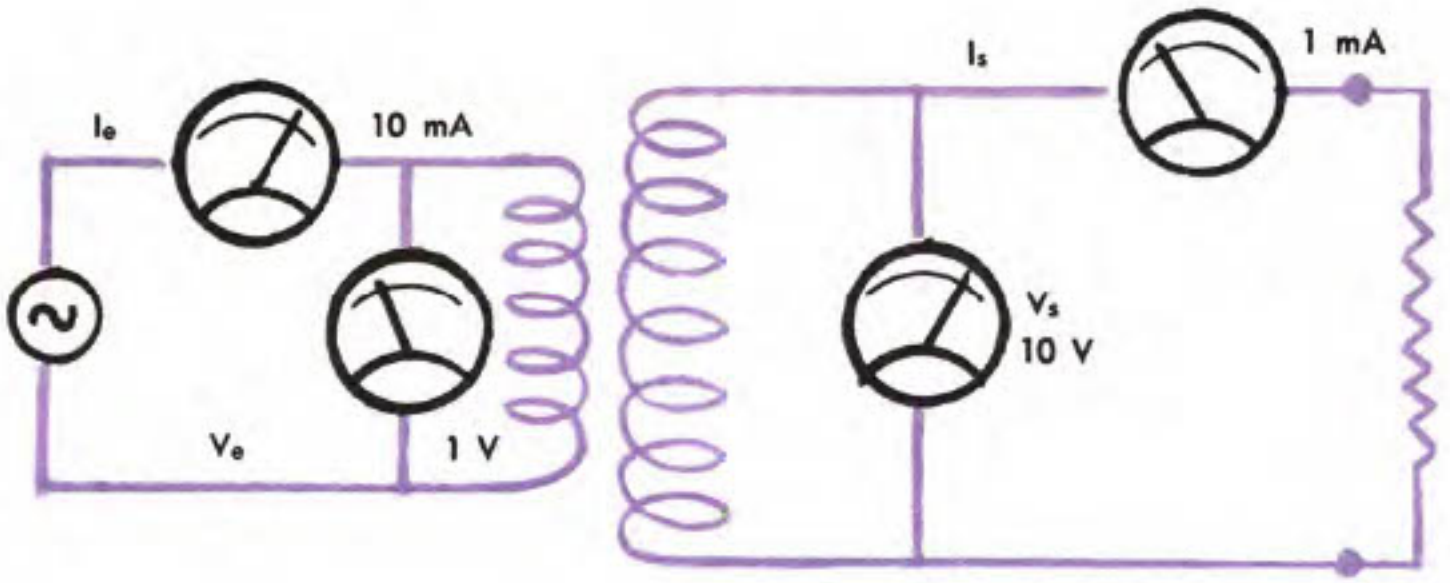
UN TRANSFORMADOR, ACTUANDO COMO AMPLIFICADOR DE TENSIÓN, TIENE UNA GANANCIA (G_v) IGUAL A LA RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE ESPIRAS DEL SECUNDARIO Y EL NÚMERO DE ESPIRAS DEL PRIMARIO.

Si mantiene frescos en la memoria los conceptos que se barajan en el cálculo de los transformadores, recordará que en ellos debe cumplirse esta igualdad:

$$I_s \times V_s = I_e \times V_e$$

Es decir: en todo transformador se cumple que el producto de la tensión por la intensidad que medimos a la entrada es igual al producto de la intensidad por la tensión medidas a la salida.

Siendo $I \times V = W$, diremos, sin posibilidad de error, que un transformador jamás podrá aumentar la potencia. Si queremos considerarlo como



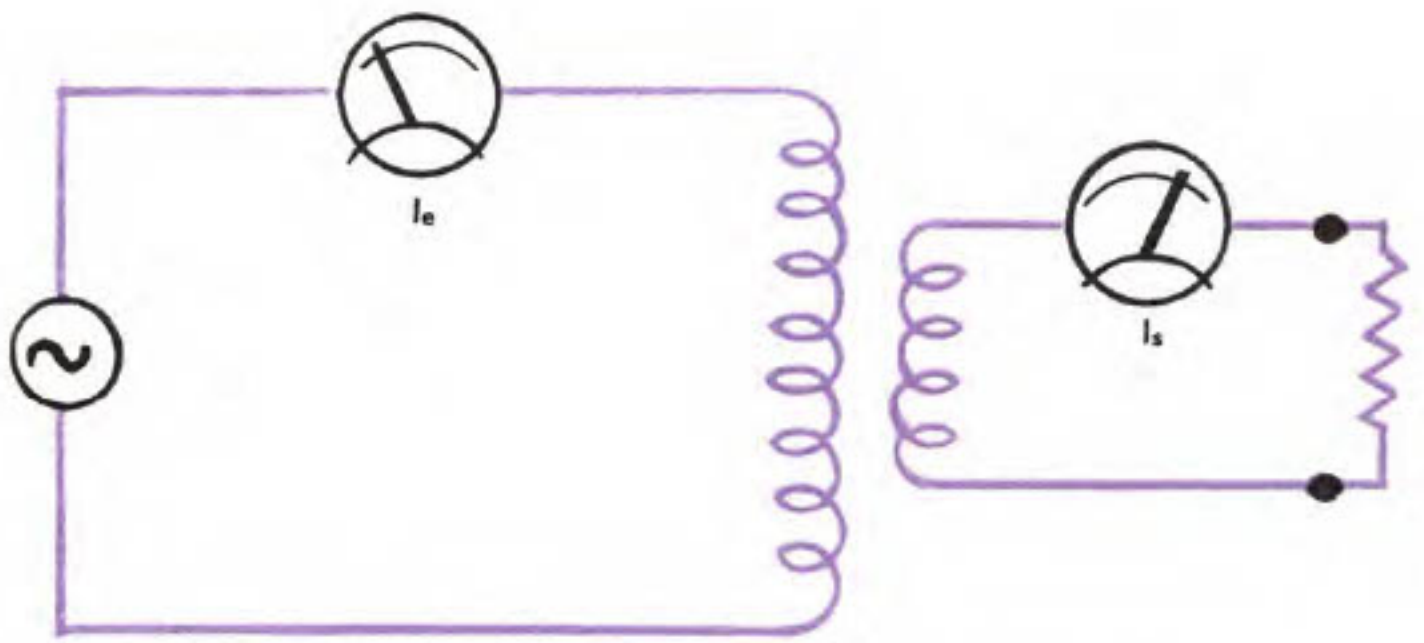
Un transformador jamás podrá ser un amplificador de potencia, puesto que en él debe cumplirse que $V_s \times I_s = V_e \times I_e$.

amplificador de potencia debemos decir que su ganancia es igual a 1.

$$G_p = \frac{V_s \cdot I_s}{V_e \cdot I_e} = 1$$

Otra consecuencia importante que se deduce de la igualdad $I_s V_s = I_e V_e$ es la de que la intensidad de salida de un transformador amplificador de tensión disminuirá en la medida que aumente V_s. La tensión aumenta, se amplifica; pero la intensidad se reduce.

Ahora bien, es inmediato que el transformador también podrá actuar como amplificador de intensidad. Puesto que al aumentar el número de espiras en el secundario aumenta la tensión y dis-



Si es el primario el que tiene mayor número de espiras, el transformador actuará como un amplificador de intensidad. Se cumplirá que $I_e < I_s$.

minuye la intensidad, bastará con hacer que el secundario tenga menos espiras que el primario para que ocurra todo lo contrario: bajará la tensión, y aumentará la intensidad en la cuantía necesaria para que se mantenga la igualdad entre las potencias de entrada y salida.

En estas condiciones, el transformador actúa como un amplificador de intensidad.

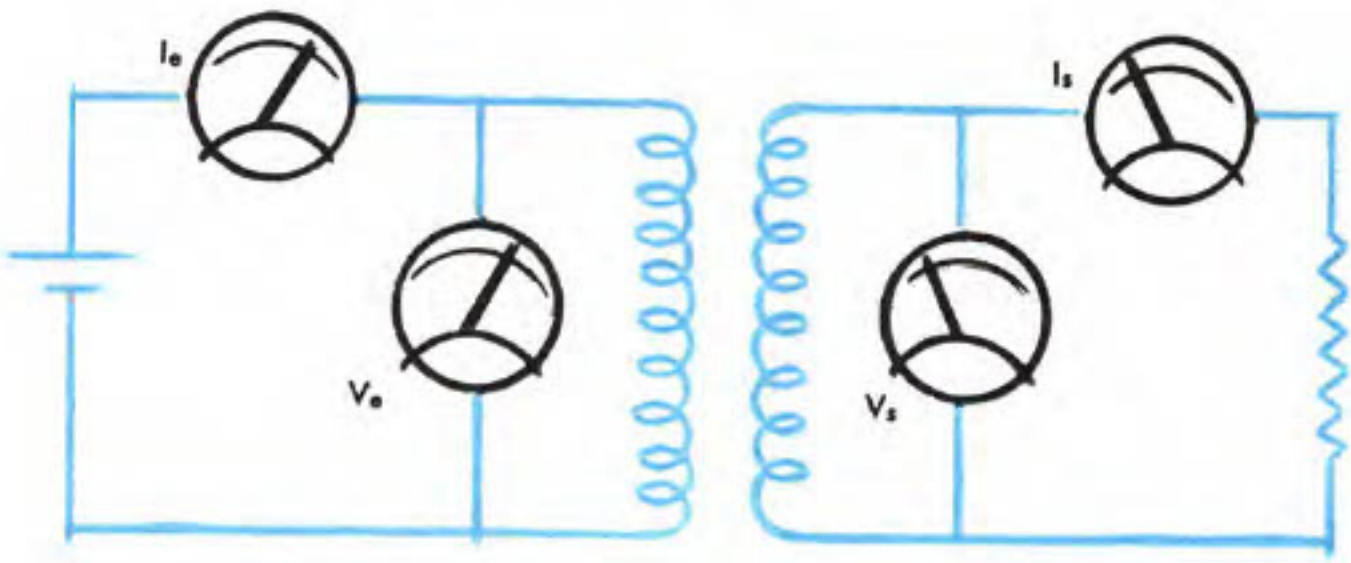
La ganancia de intensidad será:

$$G_i = \frac{I_s}{I_e} = \frac{\text{número espiras primario}}{\text{número espiras secundario}} = \frac{1}{n}$$

CON UNA CORRIENTE CONTINUA PURA

Del mismo principio del transformador (fenómeno de la inducción mutua entre dos bobinas) llegamos a la inmediata consecuencia de la absoluta inutilidad de conectar el primario de un transformador a una fuente de corriente continua. Tanto la tensión como la intensidad serían nulas en el secundario, puesto que la corriente continua que circularía por el primario crearía un flujo también continuo, incapaz por naturaleza de proporcionar efectos de inducción mutua.

Total: los transformadores pueden emplearse como amplificadores de tensión o intensidad en corriente alterna, pero no en corriente continua pura.



Deducimos fácilmente que un transformador nunca podrá funcionar con corrientes continuas puras.

CON CORRIENTES CONTINUAS VARIABLES

La corriente que procede de un rectificador, si bien fluye siempre en un mismo sentido, varía periódicamente de valor. Es una corriente continua variable.

De vez en cuando, es conveniente refrescar la memoria e insistir en conceptos que debido a la ordenación lógica de los temas han quedado atrás. Estamos ante uno de estos momentos.

Recordemos que corriente alterna es la que cambia de sentido periódicamente, y que corriente continua es la que fluye siempre en un mismo sentido a través del circuito considerado.

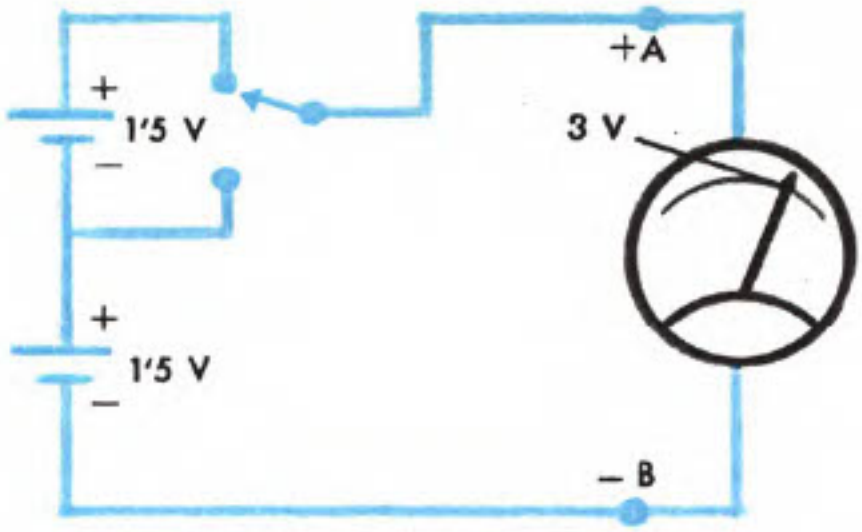
Pero cuando se trata de corriente continua puede darse dos casos: que la corriente, además de no alterar en ningún momento el sentido del flujo electrónico, corra con una intensidad constante; o que, sin cambiar el sentido del flujo, la intensidad y la tensión experimenten variaciones periódicas. Ejemplo característico de este segundo caso es el de una corriente pulsante procedente de un rectificador.

Este ejemplo no es único, desde luego. Otro caso muy interesante es el que resulta de establecer un circuito con dos pilas en serie y una llave conmutadora que permite alimentarlo con la tensión de una sola pila (1'5 V) o con la tensión total del sistema en serie (1'5 + 1'5 = 3 V).

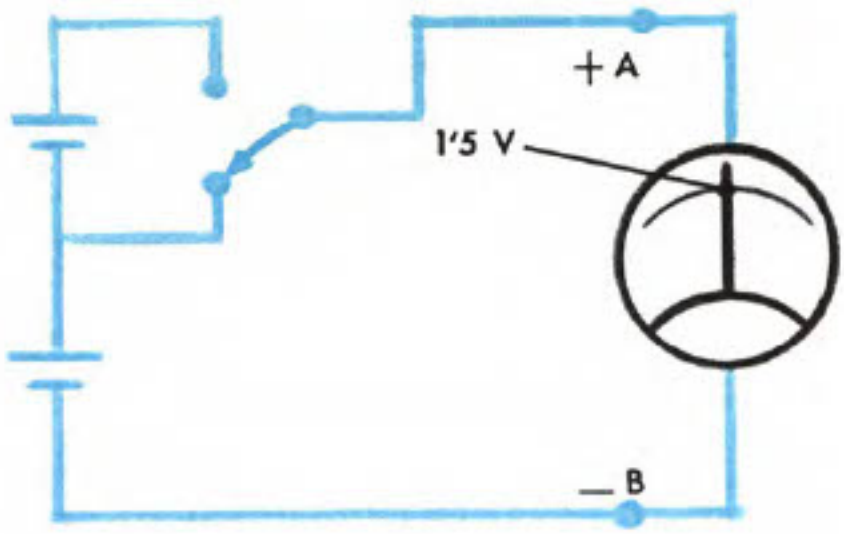
Si por medio de un mecanismo apropiado variamos la posición de la llave conmutadora a períodos regulares, es evidente que entre los bornes A y B del circuito podremos medir una corriente que oscilará entre 1'5 y 3 V.

La representación gráfica de esta tensión es fácil de obtener. Resultará una línea quebrada, en la que las zonas de mayor tensión irán repitiéndose a intervalos regulares.

No cabe duda sobre la naturaleza de la corriente:

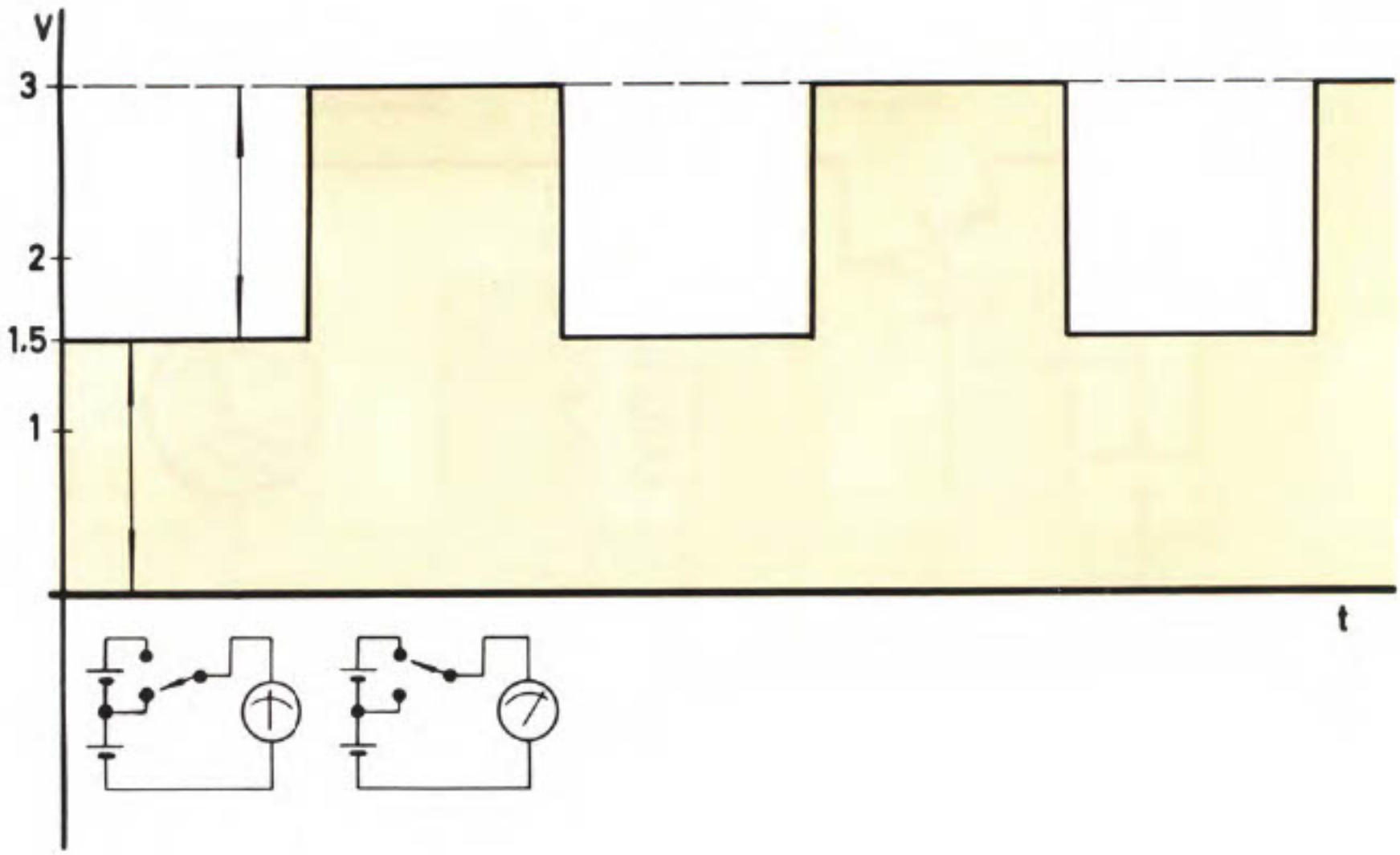


Con el conmutador en la posición indicada, la tensión medida entre A y B sería de 3 V (1'5 + 1'5 = 3). Se suman los voltajes de las pilas.



Con el conmutador en la otra posición, entre A y B sólo existe una tensión de 1'5 V, puesto que el circuito se alimenta con una sola pila.

Es CONTINUA, puesto que el borne A siempre será positivo con respecto al B. Luego, cualquier resistencia, cualquier dispositivo conectado entre A y B, recibirá una corriente de sentido constante que entrará en él por el borne A y se restituirá al generador entrando por B.



Esta es la representación gráfica de la tensión continua variable que obtendríamos entre A y B si la llave o conmutador cambiase de posición con periodicidad uniforme.

Sin embargo, a pesar de su condición de continua, si aplicamos una corriente de esta naturaleza al primario de un transformador, un voltímetro conectado al secundario pondrá de manifiesto que en esta ocasión sí existe tensión entre sus extremos, a diferencia de lo que ocurría con una corriente continua pura.

Pero fíjese bien en una cosa: el voltímetro que conectemos al secundario del transformador debe ser un instrumento para corriente alterna, porque LA TENSIÓN OBTENIDA EN EL SECUNDARIO ES PRECISAMENTE UNA TENSIÓN ALTERNA.

Curioso, ¿verdad? Pero absolutamente lógico si tenemos en cuenta nuestros conocimientos relativos a los fenómenos de la inducción electromagnética.

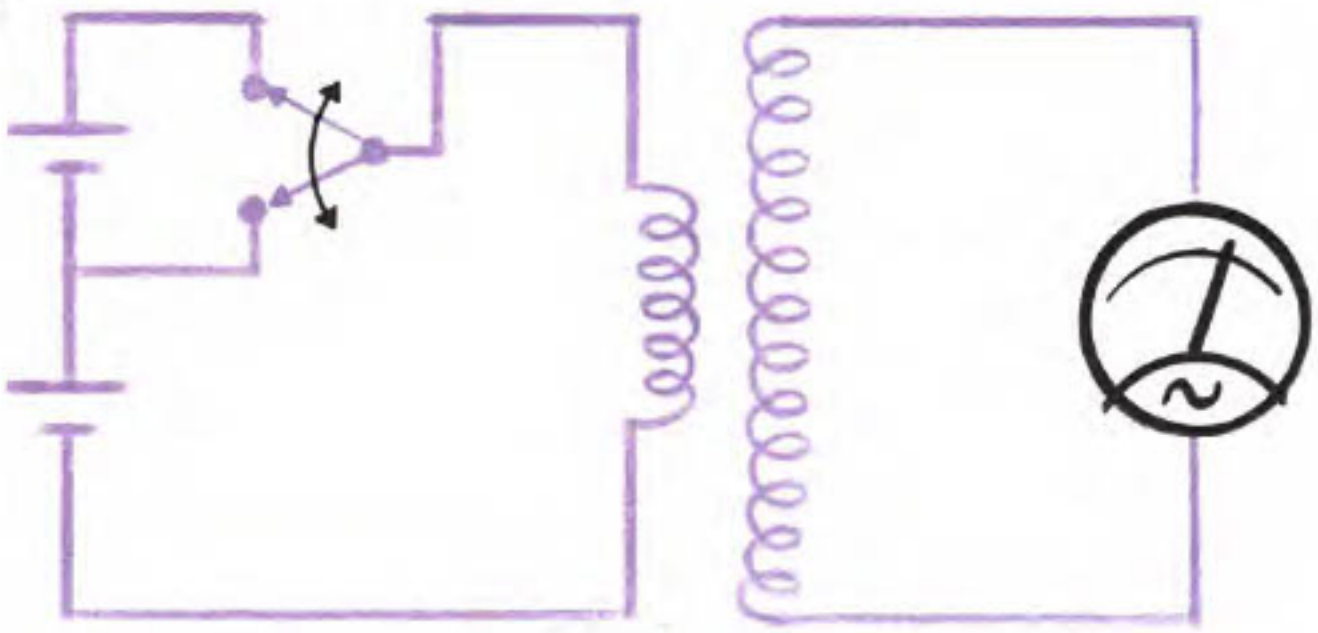
En el caso que nos ocupa, la tensión aplicada al primario creará un flujo cuyo valor aumentará y disminuirá periódicamente siguiendo las variaciones de la tensión, aunque no cambia nunca de sentido por tener su origen en una c.c. de tensión variable.

Sabemos que la condición indispensable para obtener una corriente inducida es que el inducido quede afectado por un flujo variable. Esta circunstancia, como acabamos de ver, se cumple en nuestro caso.

Pero ello no nos explica que en el inducido aparezca una corriente alterna. La explicación está en el cumplimiento de la ley de Lenz, según la cual EL EFECTO DE LAS CORRIENTES INDUCIDAS ES EL DE OPONERSE A QUE VARÍE EL FLUJO INDUCTOR.

Esta oposición, como es lógico, debe darse por variaciones del flujo inducido que puedan contrarrestar las del flujo inductor; de manera que la corriente inducida crea un flujo de sentido contrario al creado por el primario, contrarrestando o impidiendo su aumento, cuando la variación del segundo (flujo inductor) es creciente. Cuando el flujo del primario varía en el sentido de disminuir, las corrientes del secundario crearán un flujo de igual sentido que en el primario, de forma que, sumándose, atenúen tal disminución.

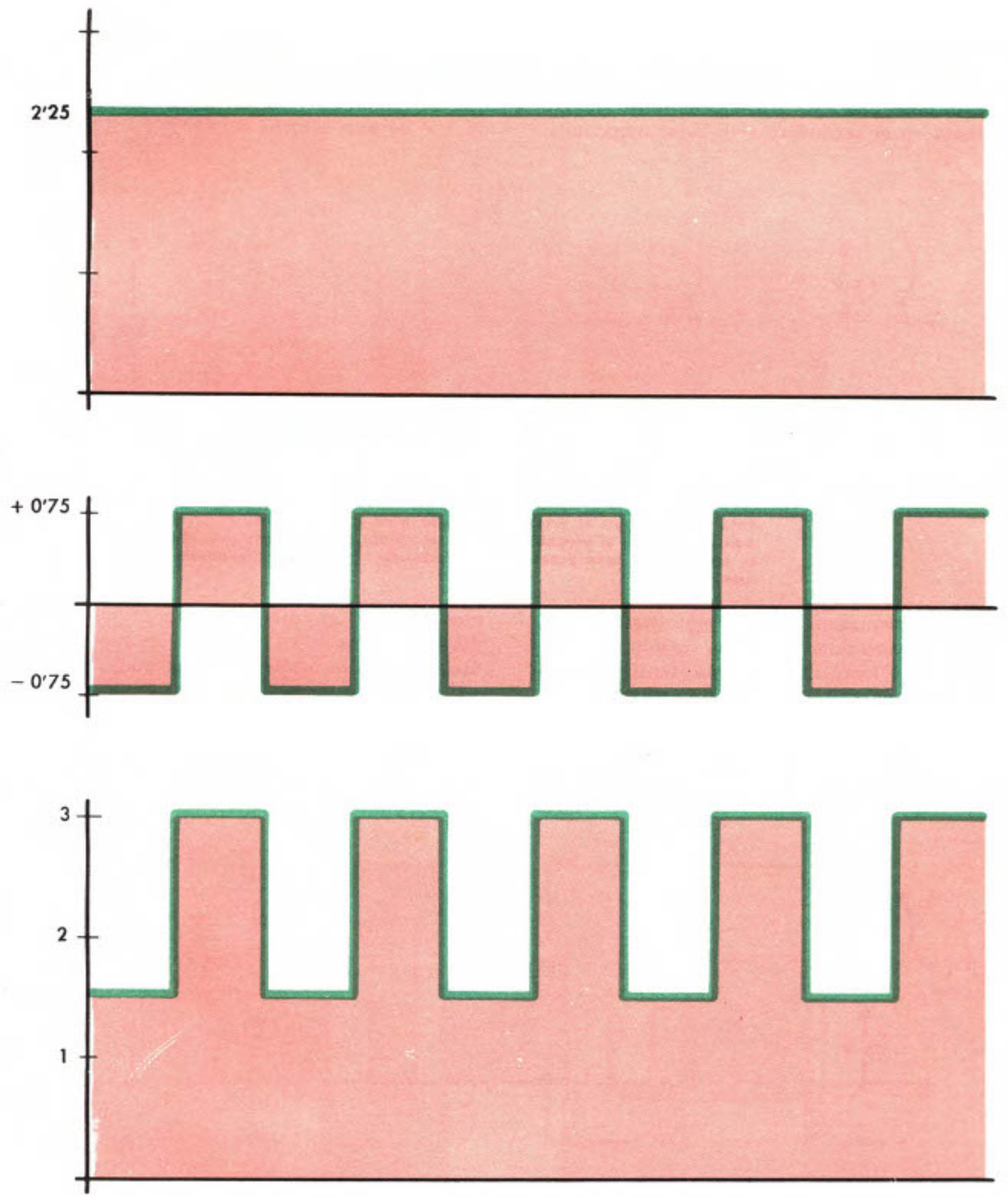
Del cumplimiento de la ley de Lenz se infiere que el flujo creado en el secundario por las corrientes inducidas por el primario cambia de sentido según los mismos períodos en que fluctúa la corriente inductora. Es decir: las corrientes inducidas cambian de sentido; son alternas.



Con este dispositivo, si movemos la llave con intervalos de tiempo regulares, un voltímetro para corriente alterna conectado a los extremos del secundario indica que en ellos hay una tensión o d.d.p. alterna.

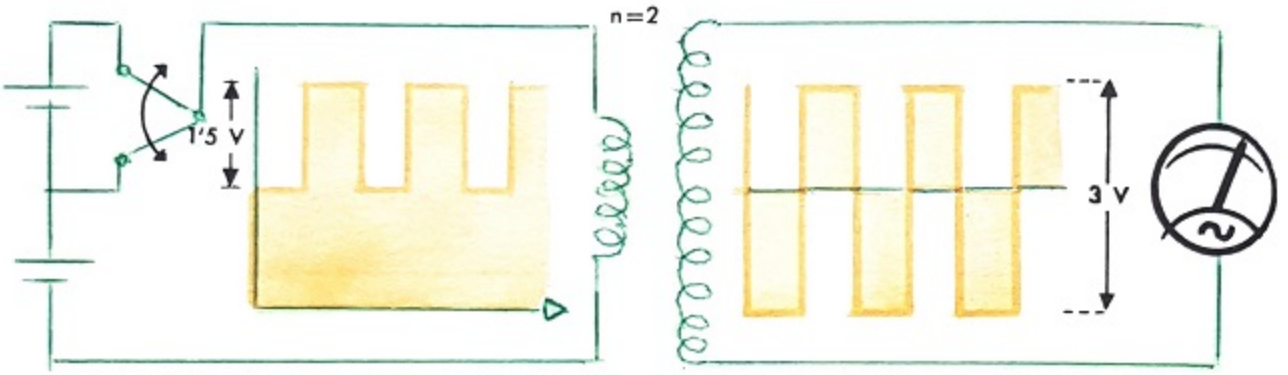
Este fenómeno puede comprenderse de una forma más intuitiva considerando que la tensión continua obtenida por nuestro dispositivo conmutador puede formarse como la superposición de dos tensiones: una TENSIÓN CONTINUA pura de valor V = 2'25 y otra alterna cuyo valor de pico positivo sea $V_{pp} = +0'75$ V y con un valor de pico negativo $V_{pn} = -0'75$ V. Es decir: el valor de pico a pico es 1'5 V, suma de los valores positivos y negativos.

Al aplicar los bornes A y B del montaje considerado al primario de un transformador, es evi-



Añadiendo a la tensión continua pura de 2'25 V la tensión alterna de V_{pp} = 0'75, obtendremos una tensión continua no pura, cuyo valor varía de 1'5 a 3 V.

dente que la parte continua pura de la tensión variable no producirá ningún efecto sobre el secundario; y sí, en cambio, la parte alterna de la corriente obtenida. Esta parte es la única que se manifiesta en el secundario; su valor aumenta o disminuye según cuál sea la relación del número de espiras en uno y otro devanado. Si, por ejemplo, el secundario tiene doble número de espiras que el primario, la tensión presente en él será de 3 V de pico a pico.

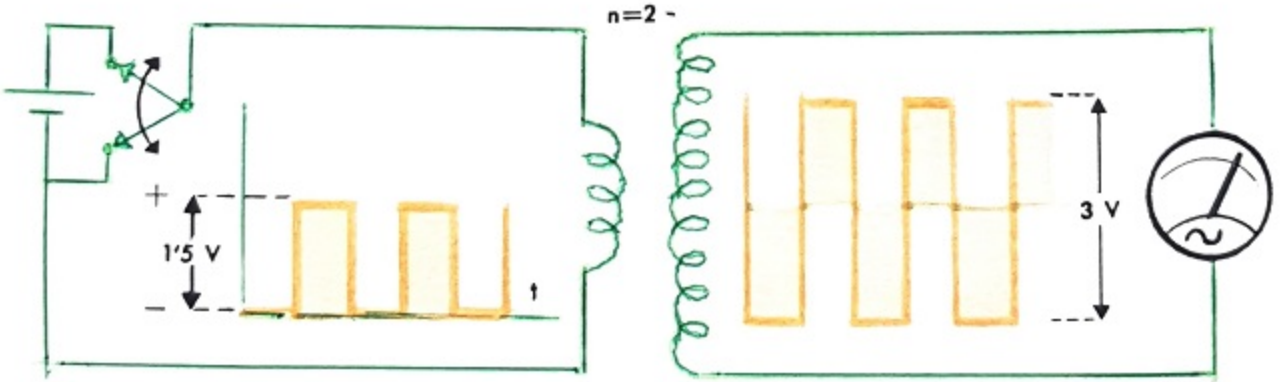


Esta figura ilustra el proceso estudiado para el caso de que el primario tenga dos veces más espiras que el secundario. Si en el montaje suprimimos una pila (gráfico siguiente), la tensión será más pequeña en el primario; pero en el secundario mantendrá los mismos valores.

La consecuencia a que debemos llegar es:

Podemos considerar que toda tensión continua variable está formada por una tensión continua pura (a la que llamaremos COMPONENTE CONTINUA) y por una tensión alterna (que denominaremos COMPONENTE ALTERNA).

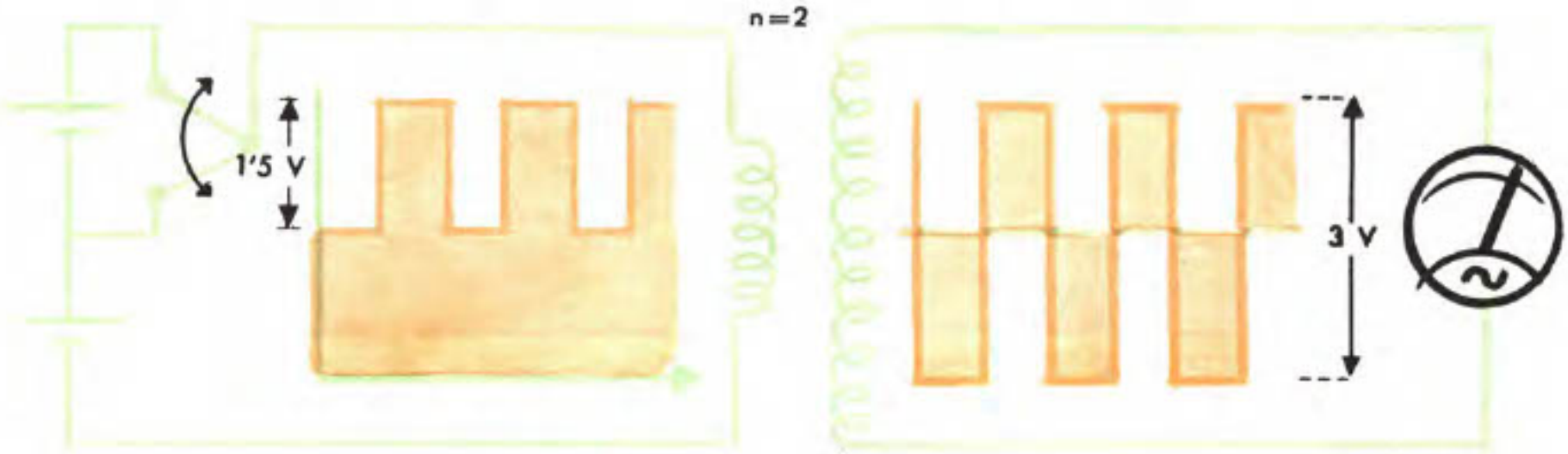
Y lo mismo que decimos de la tensión podemos decir de la intensidad. En ambos casos es válido el razonamiento anterior, por lo cual afirmamos que un transformador puede utilizarse con corrientes continuas variables, con tal que se tenga en cuenta que sólo la COMPONENTE ALTERNA de estas corrientes se manifiesta en el secundario.



Así, por ejemplo, si suprimimos la pila inferior del dispositivo que venimos utilizando y actuamos sobre el conmutador con la misma frecuencia que antes, obtendremos una corriente continua pulsante que entrará en el primario del transformador con una tensión más baja (la que suministra una sola pila, o sea 1'5 V). ¡Pero en los extremos del secundario seguimos midiendo una tensión alterna de 3 V entre el pico positivo y el negativo!

Sucede así por la razón de que la componente alterna sigue siendo de 1'5 V entre picos. Lo único que ha disminuido es la componente continua, que pasa a ser de 0'75 V.

dente que la parte continua pura de la tensión variable no producirá ningún efecto sobre el secundario; y sí, en cambio, la parte alterna de la corriente obtenida. Esta parte es la única que se manifiesta en el secundario; su valor aumenta o disminuye según cuál sea la relación del número de espiras en uno y otro devanado. Si, por ejemplo, el secundario tiene doble número de espiras que el primario, la tensión presente en él será de 3 V de pico a pico.

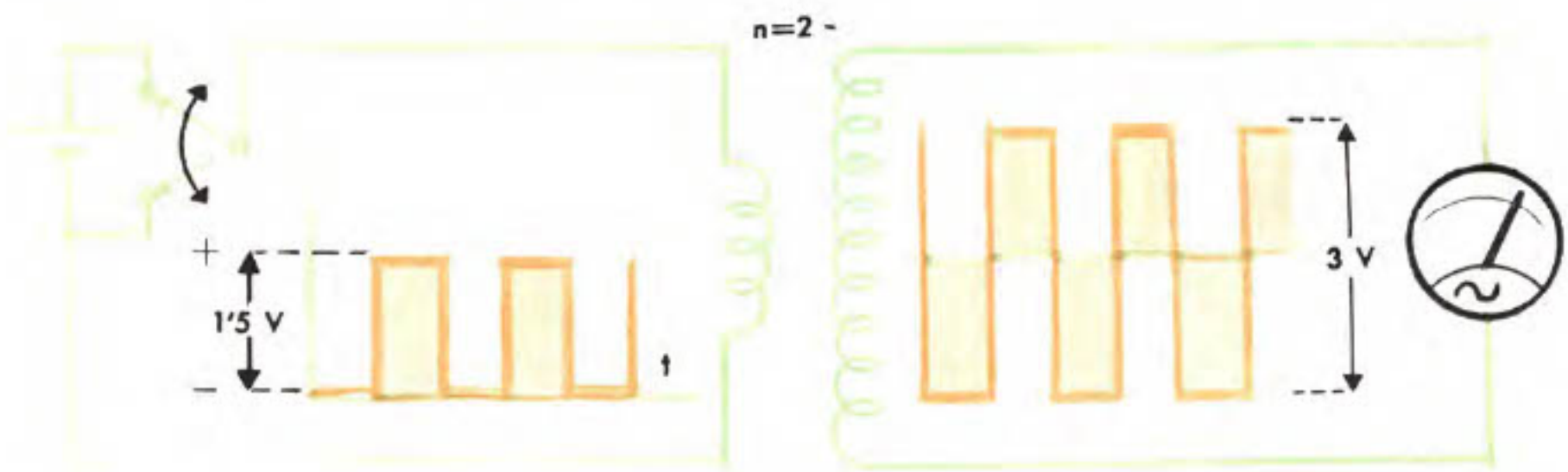


Esta figura ilustra el proceso estudiado para el caso de que el primario tenga dos veces más espiras que el secundario. Si en el montaje suprimimos una pila (gráfico siguiente), la tensión será más pequeña en el primario; pero en el secundario mantendrá los mismos valores.

La consecuencia a que debemos llegar es:

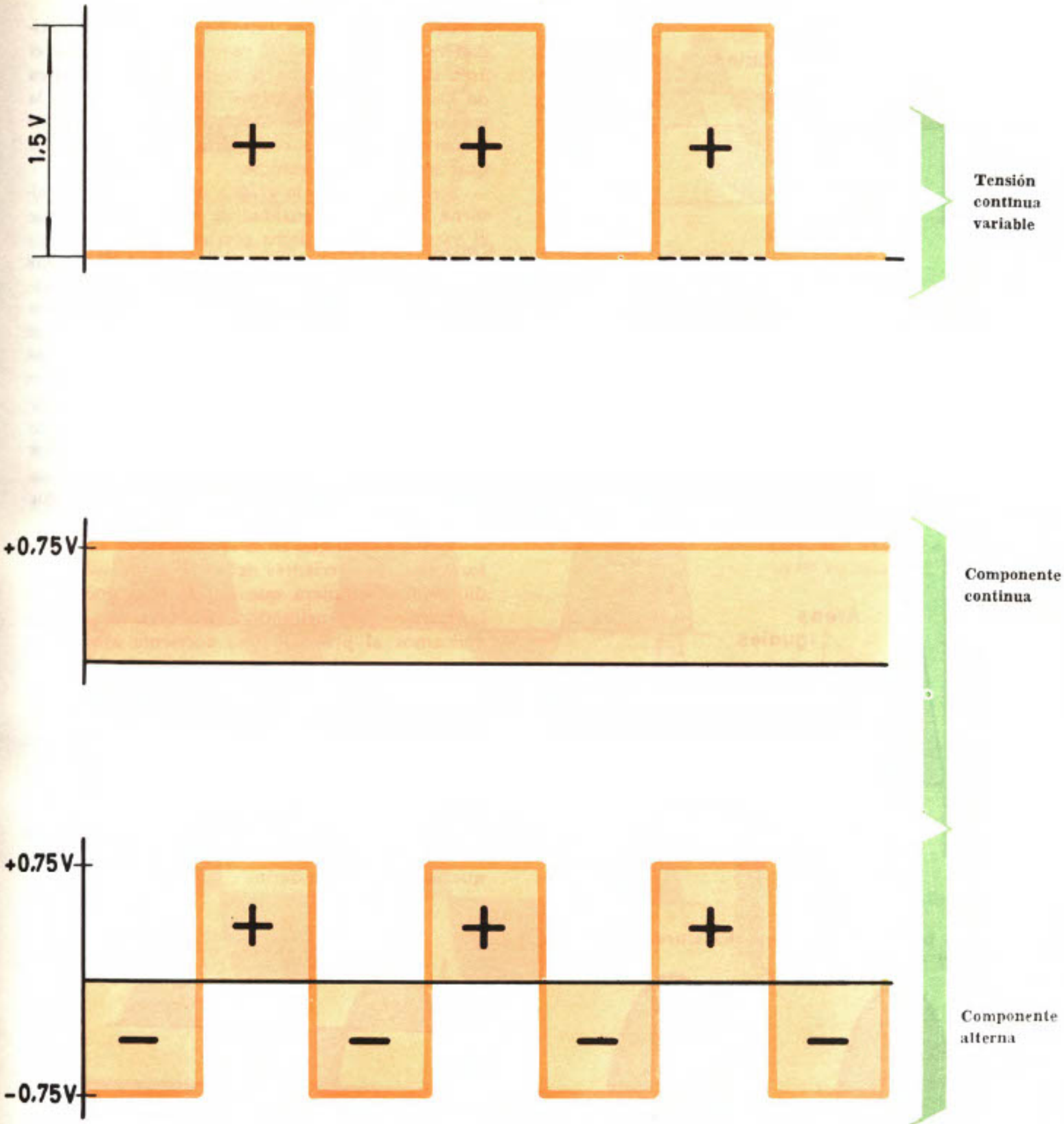
Podemos considerar que toda tensión continua variable está formada por una tensión continua pura (a la que llamaremos COMPONENTE CONTINUA) y por una tensión alterna (que denominaremos COMPONENTE ALTERNA).

Y lo mismo que decimos de la tensión podemos decir de la intensidad. En ambos casos es válido el razonamiento anterior, por lo cual afirmamos que un transformador puede utilizarse con corrientes continuas variables, con tal que se tenga en cuenta que sólo la COMPONENTE ALTERNA de estas corrientes se manifiesta en el secundario.



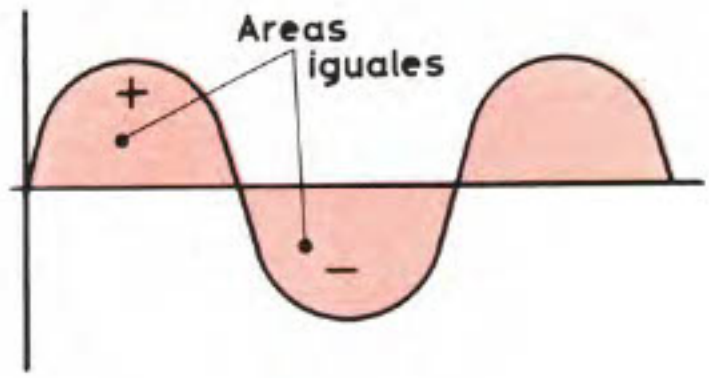
Así, por ejemplo, si suprimimos la pila inferior del dispositivo que venimos utilizando y actuamos sobre el conmutador con la misma frecuencia que antes, obtendremos una corriente continua pulsante que entrará en el primario del transformador con una tensión más baja (la que suministra una sola pila, o sea 1'5 V). ¡Pero en los extremos del secundario seguimos midiendo una tensión alterna de 3 V entre el pico positivo y el negativo!

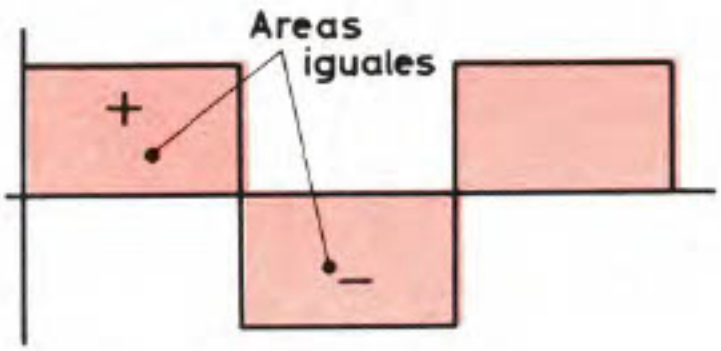
Sucede así por la razón de que la componente alterna sigue siendo de 1'5 V entre picos. Lo único que ha disminuido es la componente continua, que pasa a ser de 0'75 V.

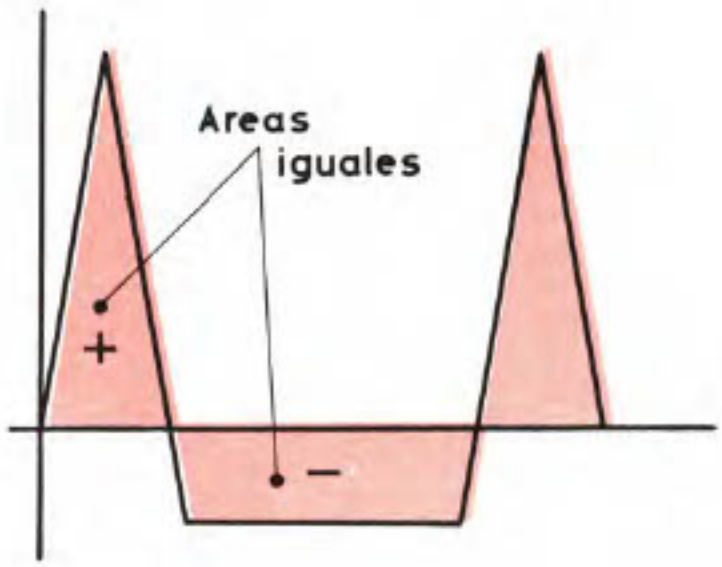


Eliminando la pila inferior, eliminamos la componente continua en el primario, pero no la componente alterna que actúa en el transformador.

VALOR MEDIO DE UNA CORRIENTE ALTERNA







He ahí tres ejemplos de corrientes alternas de valor medio nulo.

Existen corrientes alternas cuya particularidad es la de que en su representación gráfica el área de los semiciclos positivos es igual al área de los semiciclos negativos. Tal es el caso de la tensión alterna de la red de suministro y el de la corriente alterna rectangular de los ejemplos que acabamos de estudiar.

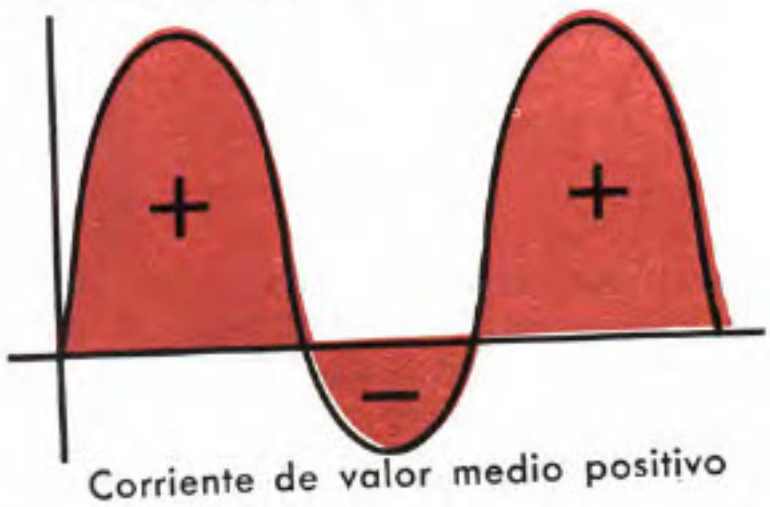
Siempre que en la gráfica de una corriente alterna se da esta igualdad de áreas, se dice que el VALOR MEDIO de dicha corriente ES NULO.

Observe que hacemos referencia a las áreas de los semiciclos, independientemente de los valores máximos que la corriente pueda alcanzar en uno u otro semiciclo. Si las áreas son iguales, es razón suficiente para decir que el valor medio de la corriente es igual a cero.

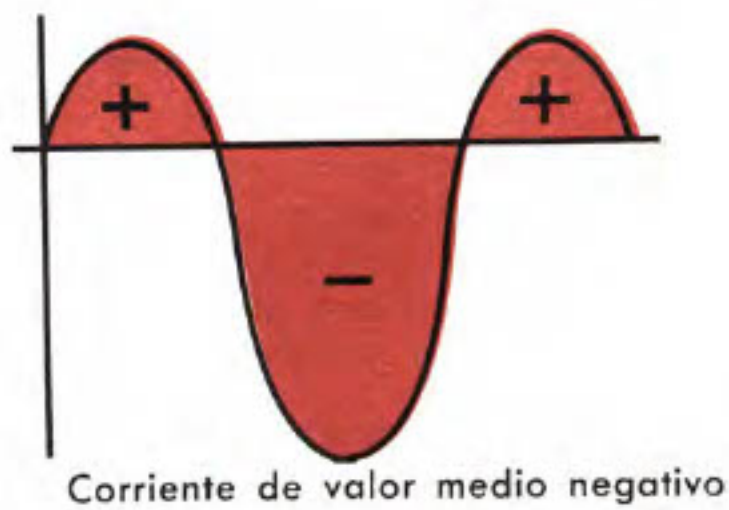
Cuando los semiciclos positivos cubran mayor área que los negativos, diremos que la corriente tiene un valor medio positivo. Y al revés: si los semiciclos negativos tienen mayor área que los positivos, se tratará de una corriente de valor medio negativo.

Se da el caso que en el secundario de un transformador las corrientes deben tener un valor medio nulo, cualquiera que sea el valor medio de la corriente del primario; de tal manera que si aplicamos al primario una corriente alterna de valor medio positivo el comportamiento del transformador no se limitará a amplificar o reducir la amplitud de la corriente, sino que, además, la convertirá en una nueva corriente de valor medio nulo.

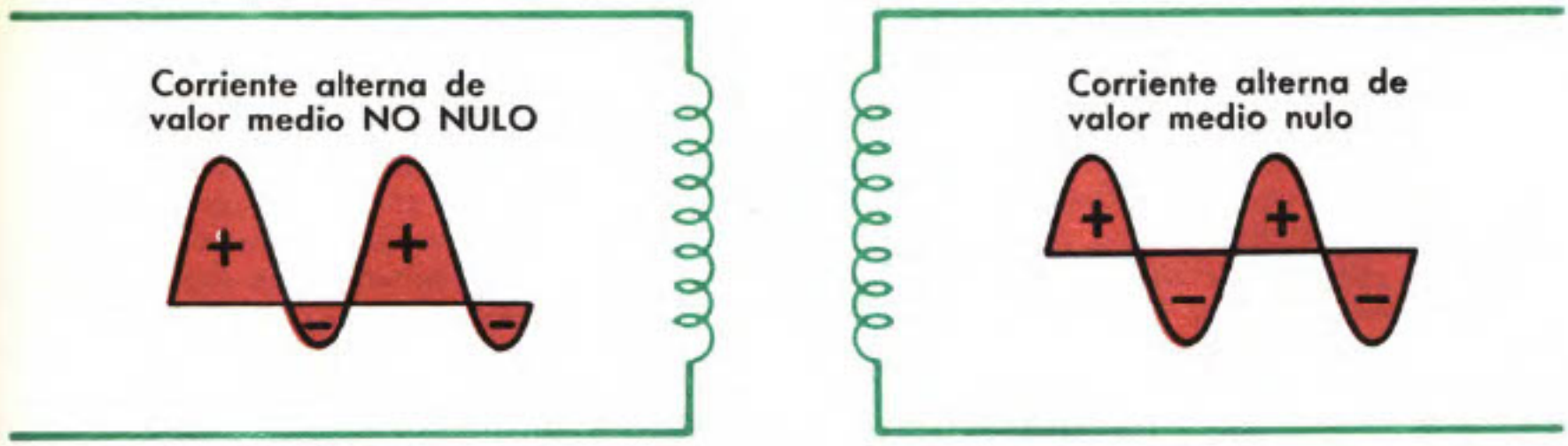
El fenómeno se debe al hecho de que una corriente de valor medio no nulo puede considerarse formada por una componente continua y una componente alterna que, recuérdelo, es la que afecta el secundario.



Corriente alterna de valor medio positivo.



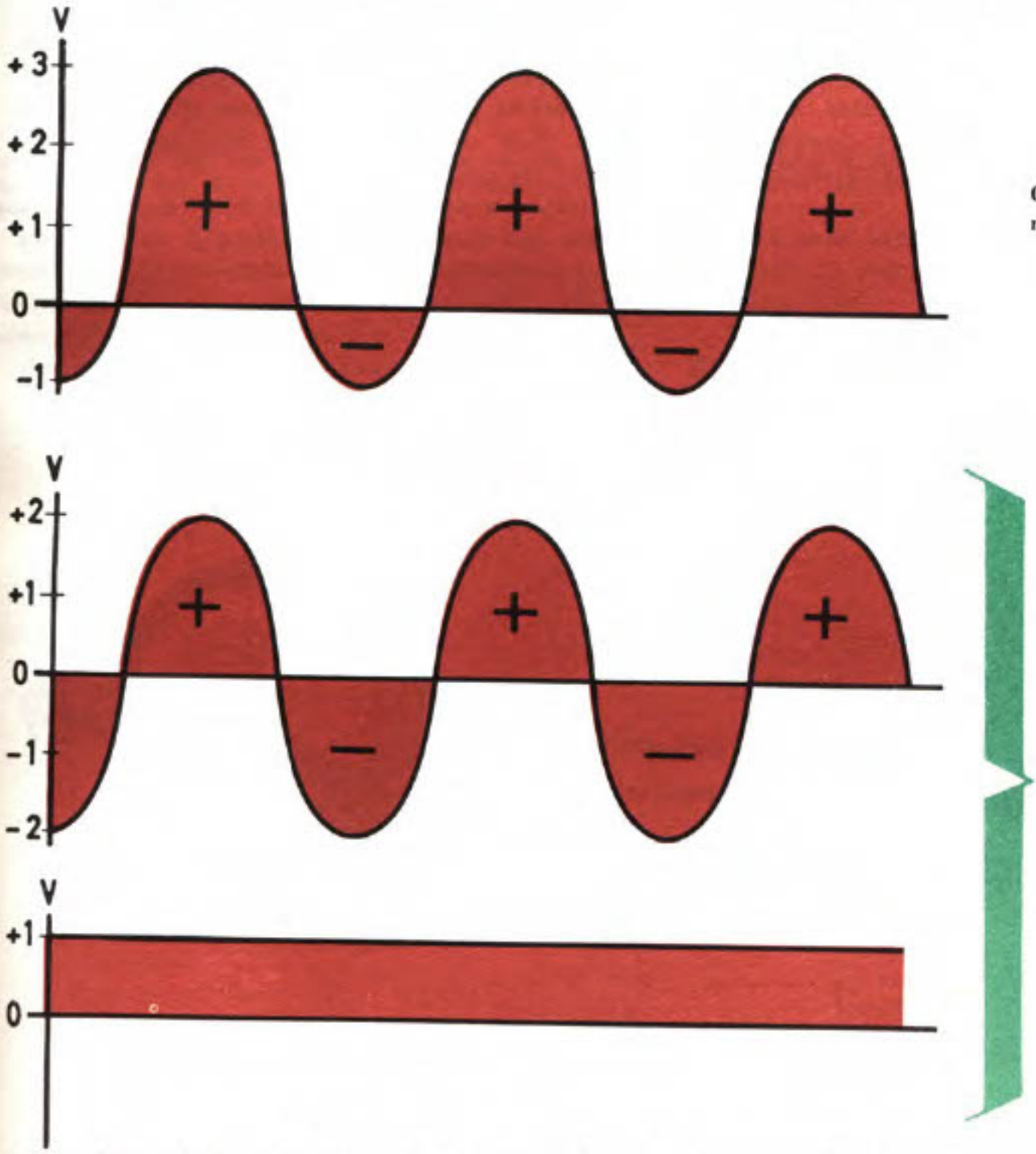
Corriente alterna de valor medio negativo.



Un transformador se comporta de tal modo que convierte en corrientes de valor medio nulo las que en el primario pueden aplicarse con valor medio no nulo.

Así, pues, podemos resumir que TODA CORRIENTE CONTINUA VARIABLE O ALTERNA DE VALOR MEDIO NO NULO PUEDE SUPONERSE FORMADA POR UNA COMPONENTE CONTINUA PURA Y UNA COMPONENTE ALTERNA DE VALOR MEDIO NULO; y que, precisamente, SÓLO LAS COMPONENTES ALTERNAS DE VALOR MEDIO NULO SE TRANSMITEN A TRAVÉS DE UN TRANSFORMADOR.

Veamos ahora cómo amplifica un triodo:



Toda corriente alterna de valor medio no nulo equivale a una componente alterna de valor medio nulo y a una componente continua.

EL TRIODO COMO AMPLIFICADOR DE INTENSIDAD

El triodo termoiónico puede realizar una función amplificadora tanto de tensión e intensidad COMO DE LA POTENCIA, a diferencia del transformador, una de cuyas características era el mantener constante el producto V × I en el primario y el secundario.

Vamos a estudiar la amplificación con triodo; pero antes será muy conveniente que repase usted la lección 8, referente a las características de esas válvulas, y que la tenga muy presente a partir de ahora, pues ha llegado el momento de estudiar esa aplicación del triodo.

a) AMPLIFICADOR DE CORRIENTE CONTINUA

Por ser el caso más sencillo, empezaremos nuestro estudio considerando la función de un triodo como amplificador de intensidad; y para mejor entender la cuestión imaginaremos tener planteado el siguiente problema:

Tenemos necesidad de medir la corriente continua de un circuito cuyo valor suponemos es del orden de 1 μA; para ello únicamente disponemos de un galvanómetro de cuadro móvil que marca a fondo de escala 5 mA. Para concretar, supongamos que el referido circuito es el constituido por una batería de 100 V y una resistencia de 100 MΩ.

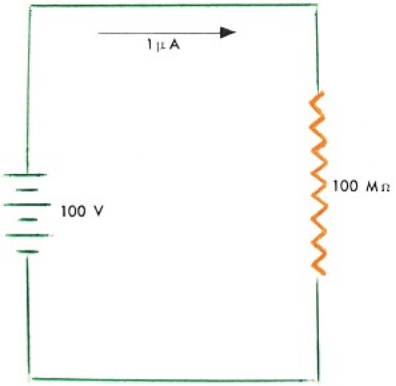
En estas condiciones la intensidad será exactamente de 1 μA. En efecto:

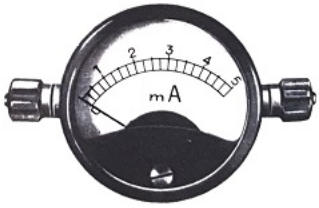
$$100\ M\Omega = 100000000\ \Omega$$

$$I = \frac{100\ V}{100000000\ \Omega} = 0'000001\ A = 1\ \mu A$$

Es obvio que está condenado al fracaso todo intento de medir esa intensidad intercalando en el circuito el galvanómetro de que disponemos, pues 1 μA, o sea una milésima de mA, no conseguirá desviar la aguja del instrumento más que la milésima parte de la primera división de la escala. Esta desviación, claro está, es inapreciable por su insignificancia.

Otra cosa sería si dispusiéramos de un *amplificador* que aumentase, por ejemplo, en mil veces esa intensidad de 1 μA. Bastaría intercalarlo en-





Ahí tenemos un circuito dado y un miliamperímetro de 5 mA a fondo de escala, con el encargo de determinar la intensidad que circula a través de la resistencia de 100 MΩ.

EL TRIODO COMO AMPLIFICADOR DE INTENSIDAD

El triodo termoiónico puede realizar una función amplificadora tanto de tensión e intensidad COMO DE LA POTENCIA, a diferencia del transformador, una de cuyas características era el mantener constante el producto V × I en el primario y el secundario.

Vamos a estudiar la amplificación con triodo; pero antes será muy conveniente que repase usted la lección 8, referente a las características de esas válvulas, y que la tenga muy presente a partir de ahora, pues ha llegado el momento de estudiar esa aplicación del triodo.

a) AMPLIFICADOR DE CORRIENTE CONTINUA

Por ser el caso más sencillo, empezaremos nuestro estudio considerando la función de un triodo como amplificador de intensidad; y para mejor entender la cuestión imaginaremos tener planteado el siguiente problema:

Tenemos necesidad de medir la corriente continua de un circuito cuyo valor suponemos es del orden de 1 μA; para ello únicamente disponemos de un galvanómetro de cuadro móvil que marca a fondo de escala 5 mA. Para concretar, supongamos que el referido circuito es el constituido por una batería de 100 V y una resistencia de 100 MΩ.

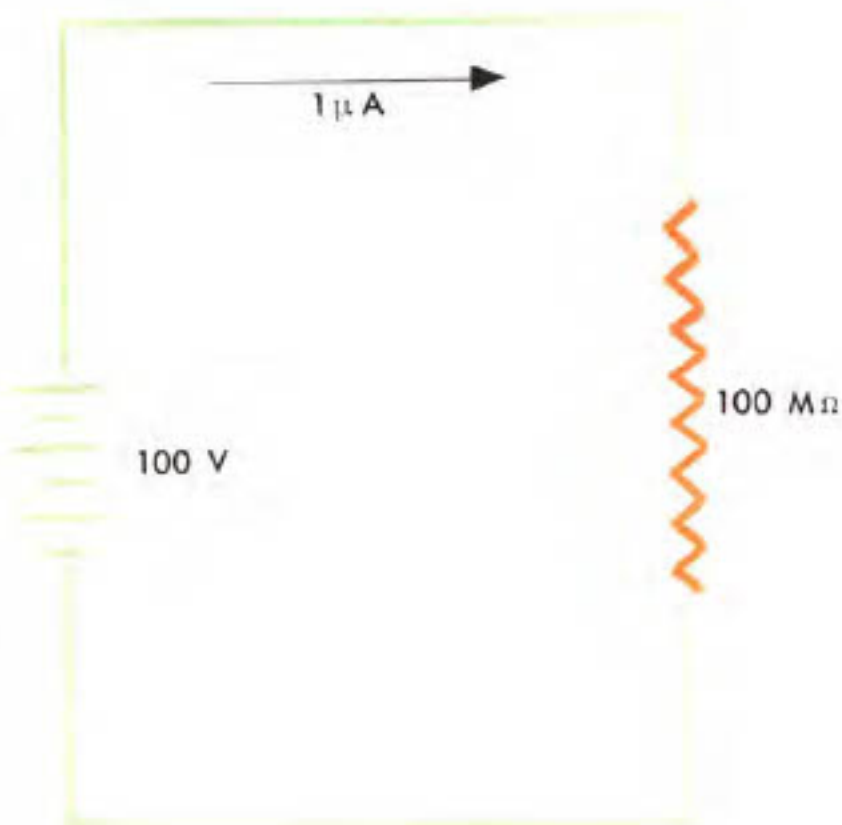
En estas condiciones la intensidad será exactamente de 1 μA. En efecto:

$$100\ \text{M}\Omega = 100000000\ \Omega$$

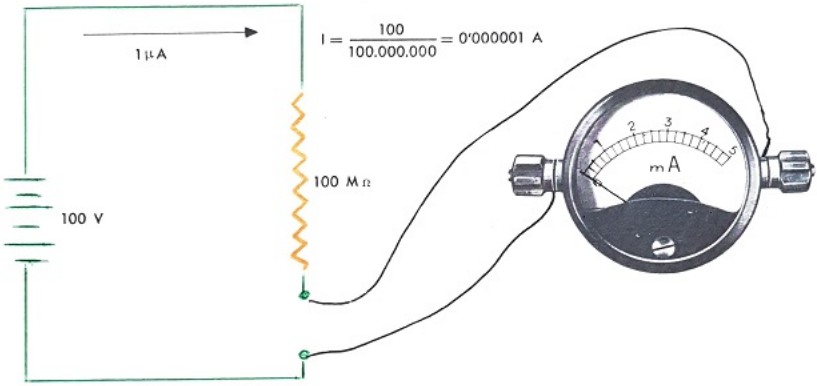
$$I = \frac{100\ \text{V}}{100000000\ \Omega} = 0'000001\ \text{A} = 1\ \mu\text{A}$$

Es obvio que está condenado al fracaso todo intento de medir esa intensidad intercalando en el circuito el galvanómetro de que disponemos, pues 1 μA, o sea una milésima de mA, no conseguirá desviar la aguja del instrumento más que la milésima parte de la primera división de la escala. Esta desviación, claro está, es inapreciable por su insignificancia.

Otra cosa sería si dispusiéramos de un *amplificador* que aumentase, por ejemplo, en mil veces esa intensidad de 1 μA. Bastaría intercalarlo en-



Ahí tenemos un circuito dado y un miliamperímetro de 5 mA a fondo de escala, con el encargo de determinar la intensidad que circula a través de la resistencia de 100 MΩ.

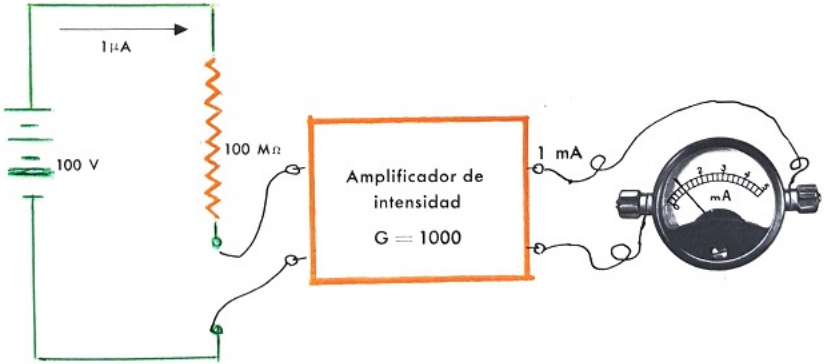


Es evidente que con este miliamperímetro resultará un imposible efectuar la medición, ya que 1 μA, que es la intensidad en el circuito, no conseguirá desviar la aguja de una manera apreciable.

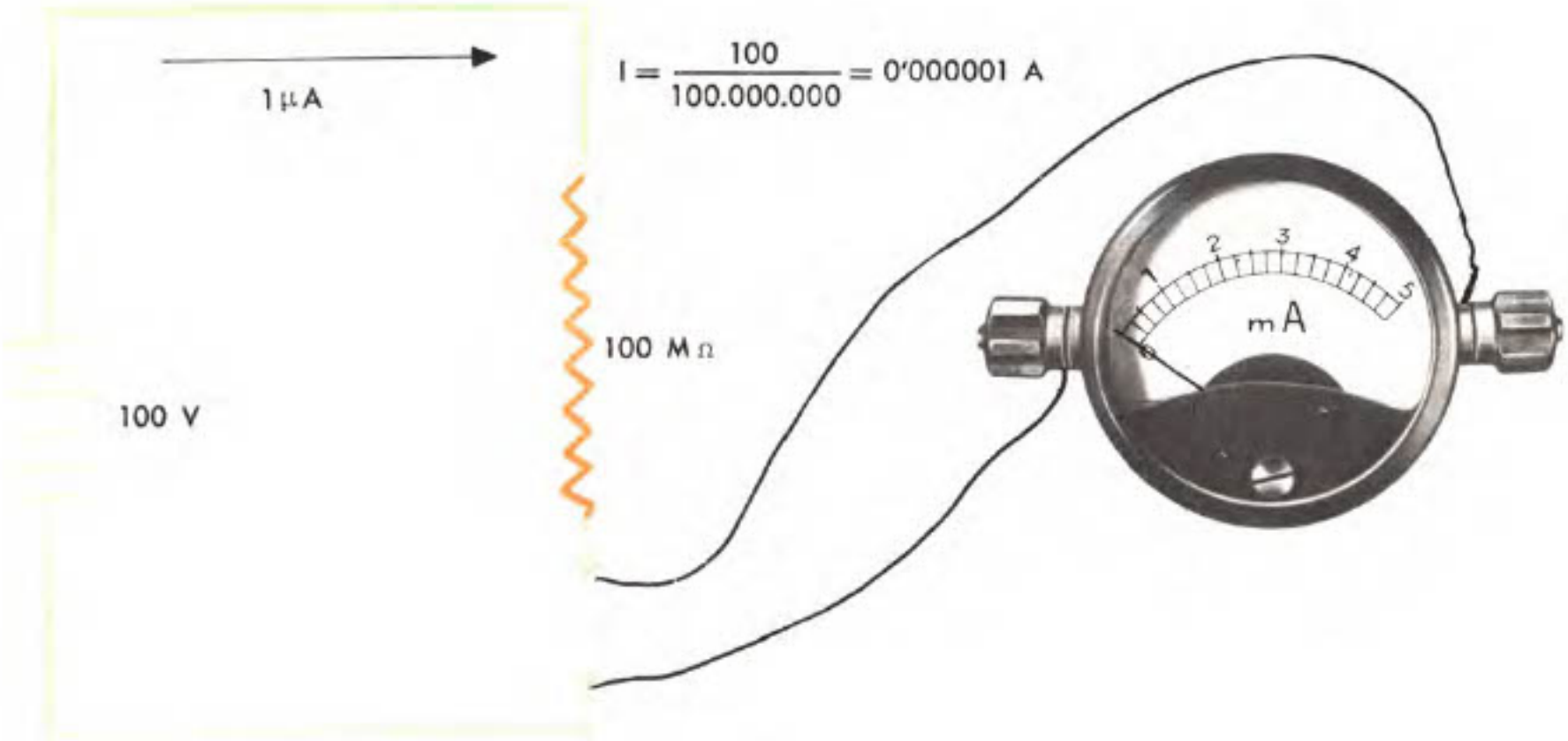
tre el circuito y el galvanómetro para que la corriente del circuito provocase a través del galvanómetro el paso de la corrente de 1 mA.

En otras palabras, sería muy conveniente disponer de un *amplificador de intensidad* de ganancia $G_i = 1000$.

Pues bien, un triodo puede cumplir esa misión.



Empleando un amplificador de intensidad es posible solucionar la dificultad originada por la falta de sensibilidad del galvanómetro. Con un amplificador de G = 1000, el miliamperímetro recibirá una corriente de 1 mA.

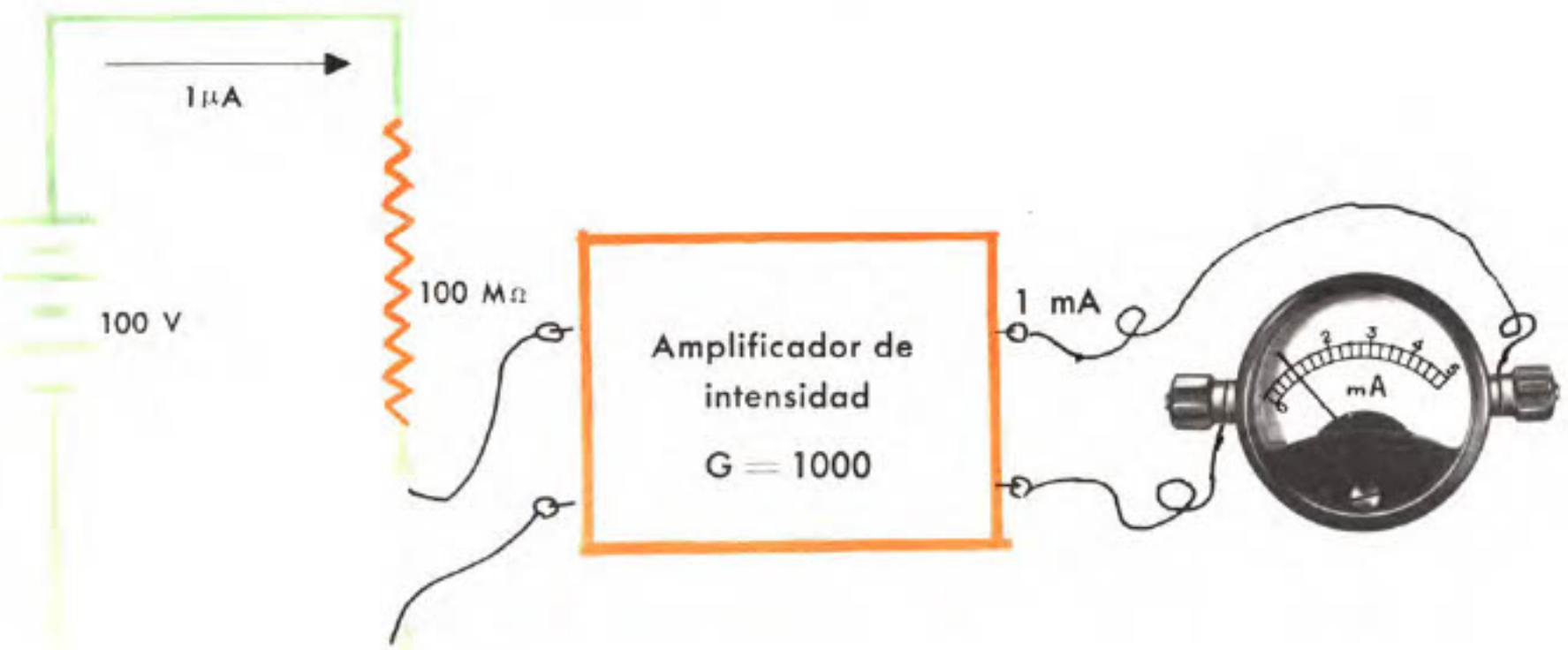


Es evidente que con este miliamperímetro resultará un imposible efectuar la medición, ya que 1 μA, que es la intensidad en el circuito, no conseguirá desviar la aguja de una manera apreciable.

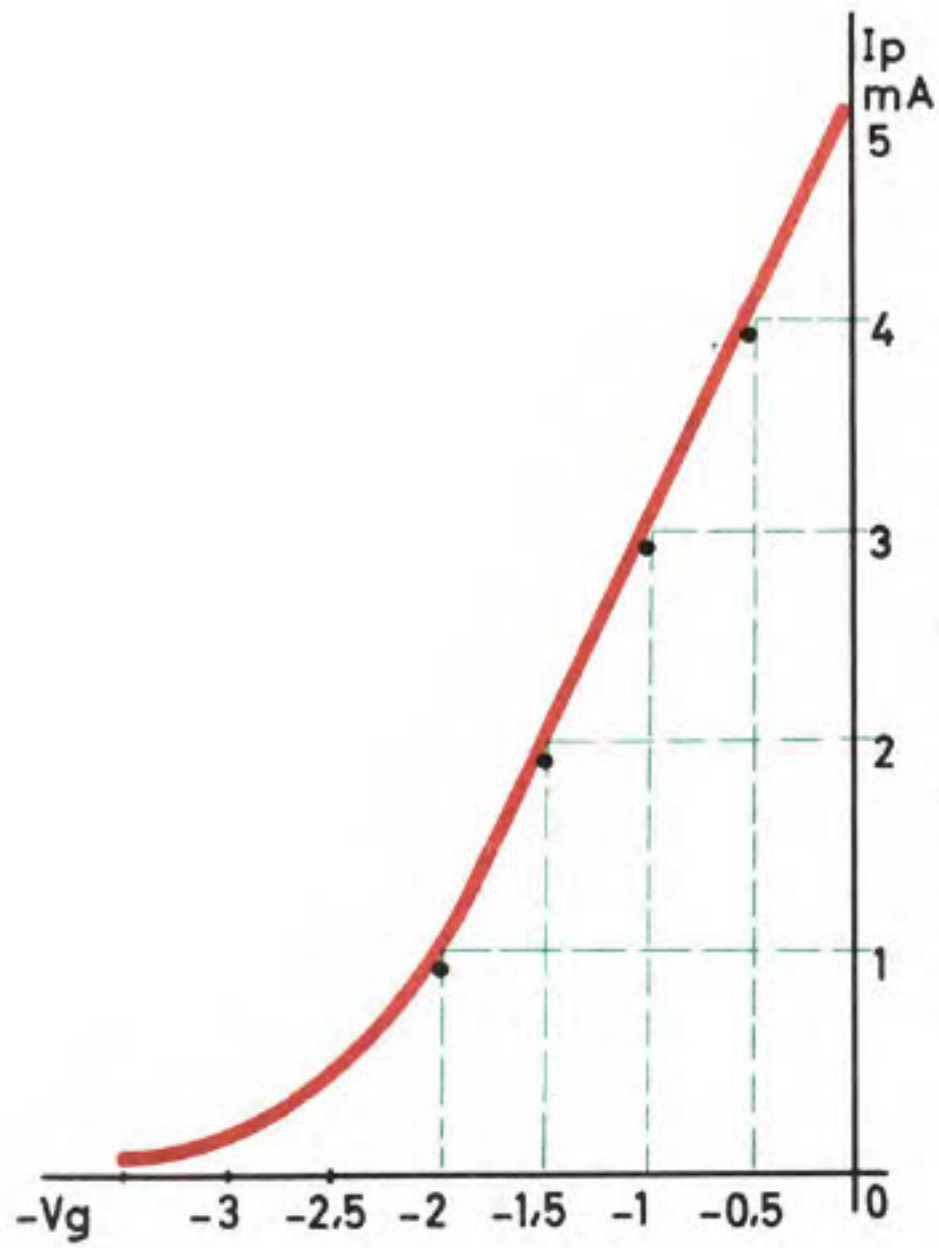
tre el circuito y el galvanómetro para que la corriente del circuito provocase a través del galvanómetro el paso de la corrente de 1 mA.

En otras palabras, sería muy conveniente disponer de un *amplificador de intensidad* de ganancia $G_i = 1000$.

Pues bien, un triodo puede cumplir esa misión.



Empleando un amplificador de intensidad es posible solucionar la dificultad originada por la falta de sensibilidad del galvanómetro. Con un amplificador de G = 1000, el miliamperímetro recibirá una corriente de 1 mA.



Característica de rejilla de un triodo ideal.

Supongamos un triodo cuya característica de rejilla para una tensión de placa fija $V_p = 100$ V es la que indicamos en la figura. Con él, las baterías adecuadas, una resistencia de 0'5 MΩ y el instrumento de medida, dispongamos el montaje cuyo esquema se indica.

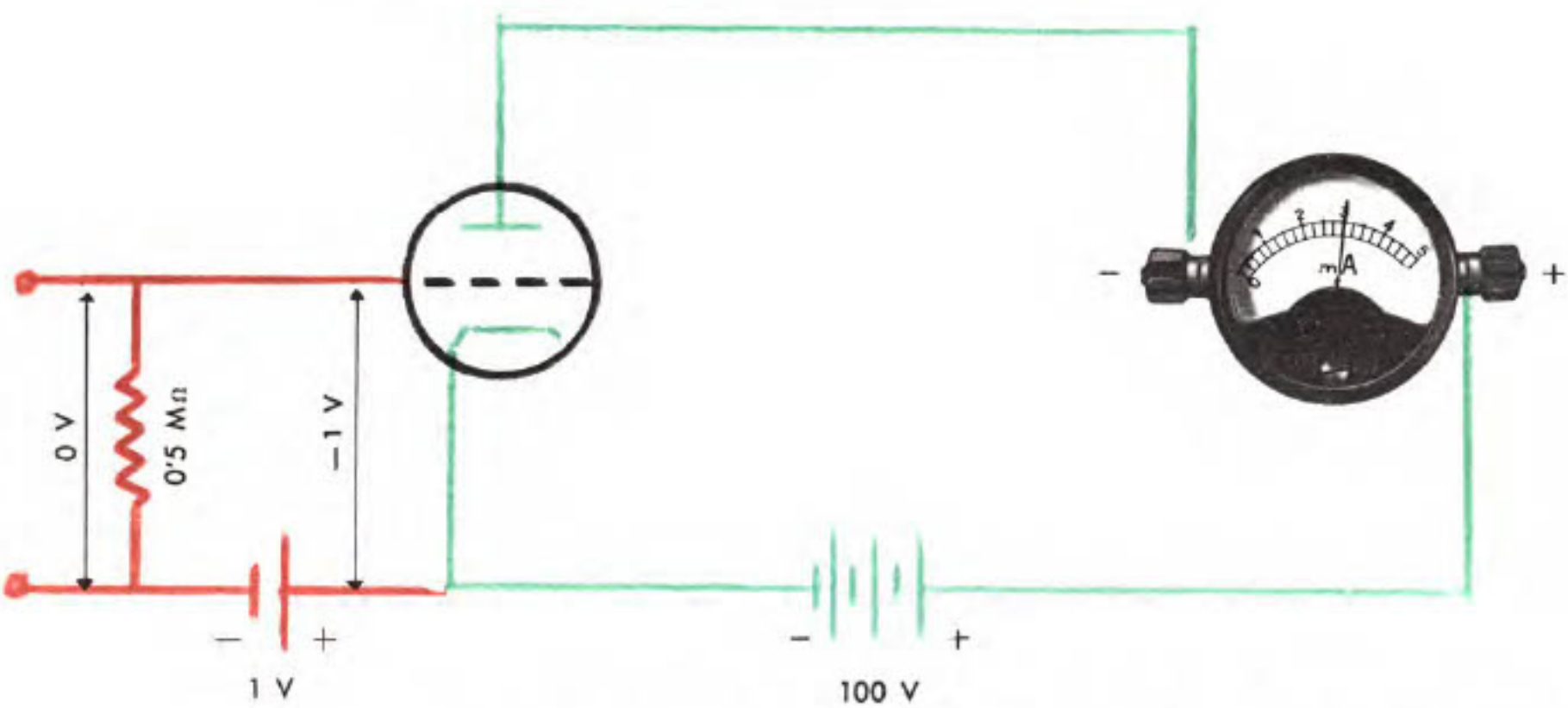
Si la batería de placa es de 100 V y la de polarización de rejilla es de —1 V, la corriente que recorra el circuito de placa, de acuerdo con la característica de rejilla, será de 3 mA, y por tanto será esta intensidad la que marcará nuestro instrumento. El hecho de que entre el negativo de la batería de 1 V y la rejilla del triodo esté intercalada una resistencia 0'5 MΩ no impide que la tensión de dicha reja sea de —1 V. Dado que a través de esta resistencia no circula corriente, la diferencia de potencial entre sus extremos es cero.

Si intercalamos todo este montaje en el circuito a que antes nos hemos referido, utilizando los bornes previstos en los extremos de la resistencia de 0'5 MΩ como si fueran los correspondientes al galvanómetro, la corriente de 1 μA del circuito atravesará la resistencia de 0'5 MΩ y creará entre sus extremos una d.d.p. de valor:

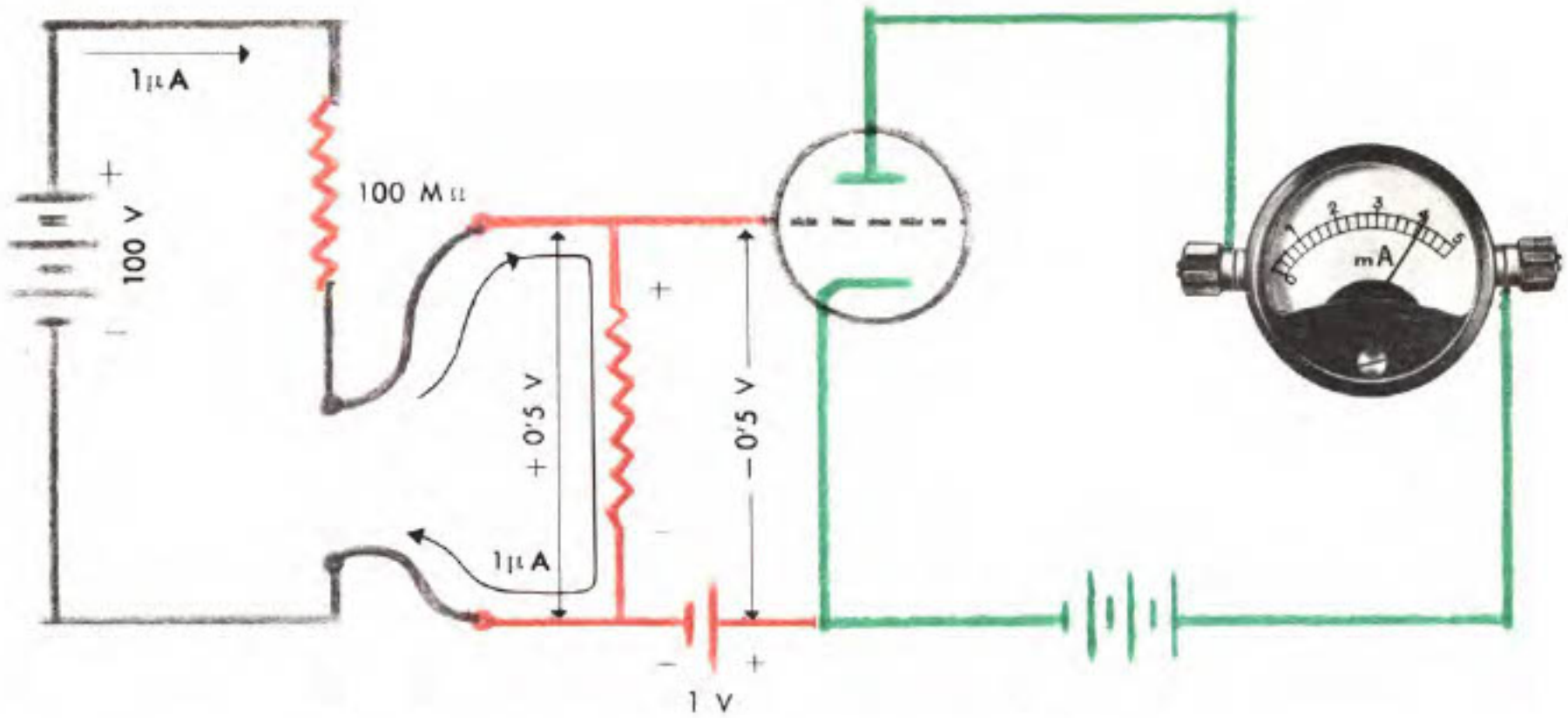
$$V = R \times I = 500000\ \Omega \times 0'000001\ A = 0'5\ V$$

$$\text{Pues } 0'5\ M\Omega = 500000\ \Omega$$

$$\text{y } 1\ \mu A = 0'000001\ A$$



Si la batería de placa es de 100 V y la de polarización de rejilla de -1 V, según la característica de rejilla arriba dibujada la intensidad de placa será de 3 mA. Por lo tanto, el miliamperímetro la apreciará perfectamente.



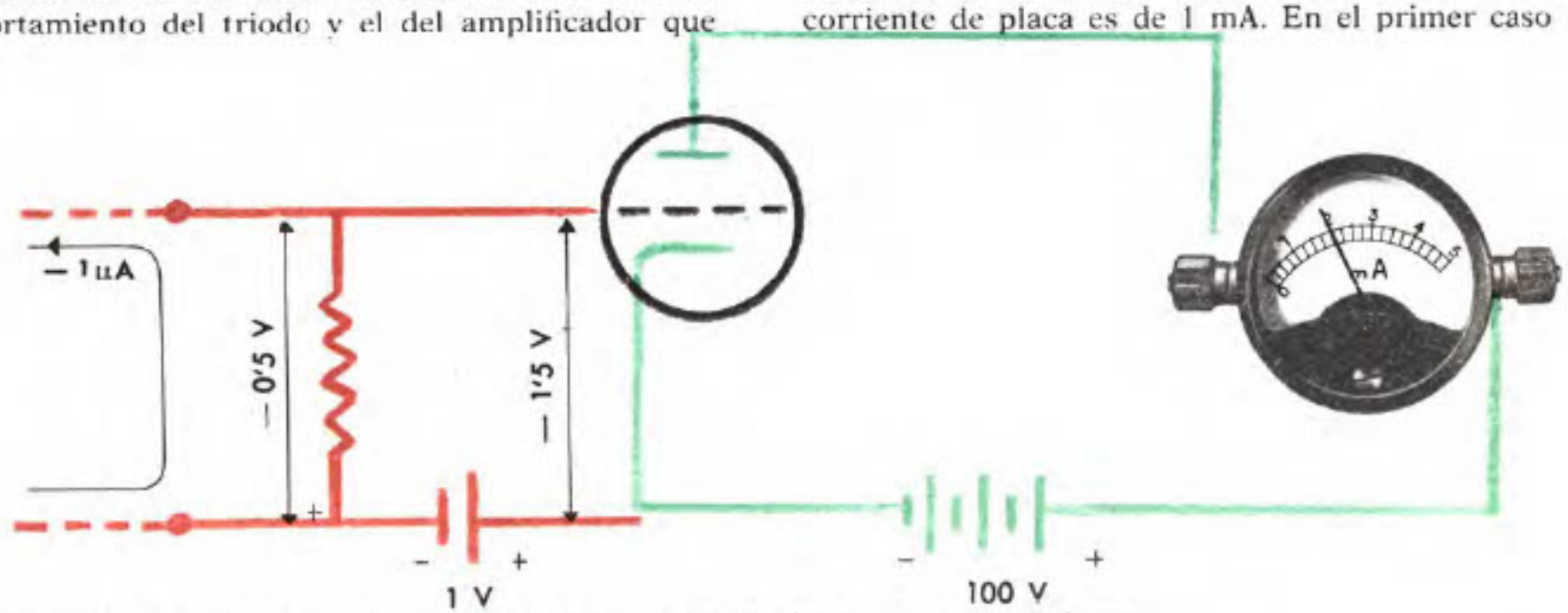
En las condiciones del esquema la tensión de rejilla será sólo de 0'5 V y segun la caracteristica de reja la I_p será de 4 mA. La corriente de 1 μA ha provocado en el circuito de placa una variación mil veces mayor.

Ahora bien; esa diferencia de potencial, según se aprecia en la figura, tiene signo contrario a la de la batería de polarización, por lo que se resta de ella y hará que, en definitiva, la tensión entre rejilla y cátodo sea sólo de 0'5 V. Esto significa, según la característica de rejilla, que la intensidad en la placa será de 4 mA. Precisamente esto es lo interesante del caso: la corriente de 1 μA aplicada al circuito de rejilla ha provocado en el circuito de placa una variación *mil veces mayor;* es decir, una variación de 1 mA, que nuestro galvanómetro pone de manifiesto con claridad.

El triodo ha cumplido, pues, con la misión de amplificar mil veces la intensidad a medir, como pretendíamos. La única diferencia entre el comportamiento del triodo y el del amplificador que antes hemos simbolizado por un rectángulo se halla en que allí el miliamperímetro empezaba a marcar a partir de la división cero, mientras aquí lo hace a partir de la división 3, que debemos considerar como si fuera el cero del aparato.

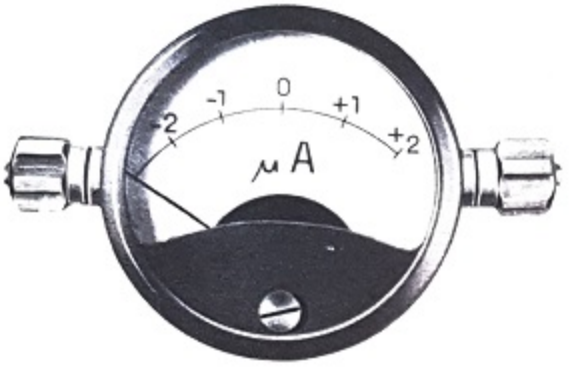
Si la corriente de 1 μA recorriese la resistencia en sentido contrario al considerado (por haber invertido la polaridad del generador que la ha creado, por ejemplo), su efecto en la resistencia de 0'5 MΩ se sumaría al de la pila de —1 V, con lo que tendríamos en total —1'5 V entre rejilla y cátodo, y por tanto una intensidad de placa de 2 mA.

Si antes la corriente era positiva, ahora será negativa; y en ambos casos la variación de la corriente de placa es de 1 mA. En el primer caso



Si la corriente de 1 μA recorre la resistencia en sentido contrario, su efecto en la resistencia de 0'5 MΩ se suma al de la pila de —1 V. Entre rejilla y cátodo tendriamos —1'5 V. Por tanto, I_p seria de 2 mA.

jilla con la intensidad que marca el miliamperímetro situado en el circuito de placa:



Esta sería la carátula del aparato para medir corrientes del orden de 1 microamperio.

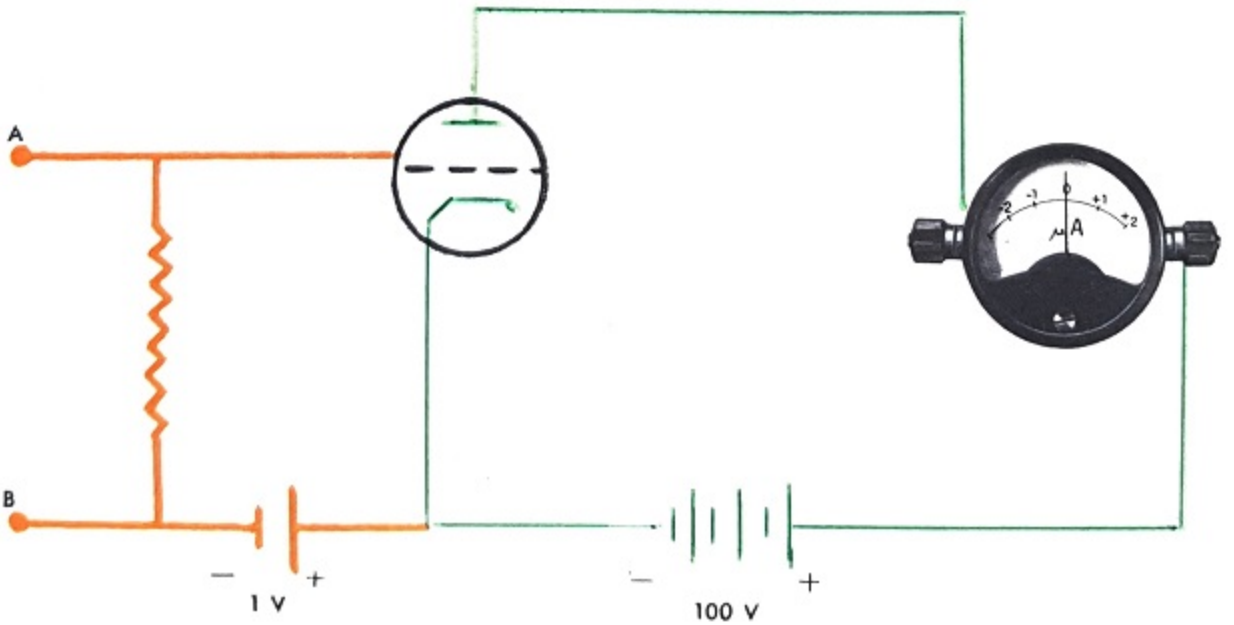
INTENSIDAD CIRCUITO REJILLA	INTENSIDAD CIRCUITO PLACA
+ 2 μA	5 mA
+ 1 μA	4 mA
+ 0 μA	3 mA
— 1 μA	2 mA
— 2 μA	1 mA

(corriente positiva), hacia la derecha de la división 3; en el segundo (corriente negativa) hacia la izquierda. El lector puede comprobar, a título de ejercicio, que para una corriente de + 2 μA en el circuito de rejilla, la intensidad en el de placa es de 5 mA y que para una de —2 μA queda reducida a 1 mA.

Podemos resumir en la siguiente tabla los resultados que relacionan la intensidad que recorre la resistencia de 0'5 MΩ en el circuito de re-

Si queremos utilizar este aparato para medir corrientes del orden de 1 microamperio, con absoluta comodidad, rectificaríamos las indicaciones de la escala del galvanómetro y la grabaríamos tal como indica la figura, sustituyendo la indicación mA por μA y situando el cero donde antes marcaba 3.

Prescindiremos de la primera división (de 0 a 1 mA), ya que estas intensidades corresponden a la zona del codo inferior de la característica, donde no existe proporcionalidad entre la corriente en la resistencia conectada a la rejilla y la corriente del circuito de placa.



Mientras los bornes A y B del amplificador de intensidad no estén conectados a un circuito, el instrumento de medida indicará cero.

Esta sería la carátula del aparato para medir corrientes del orden de 1 microamperio.

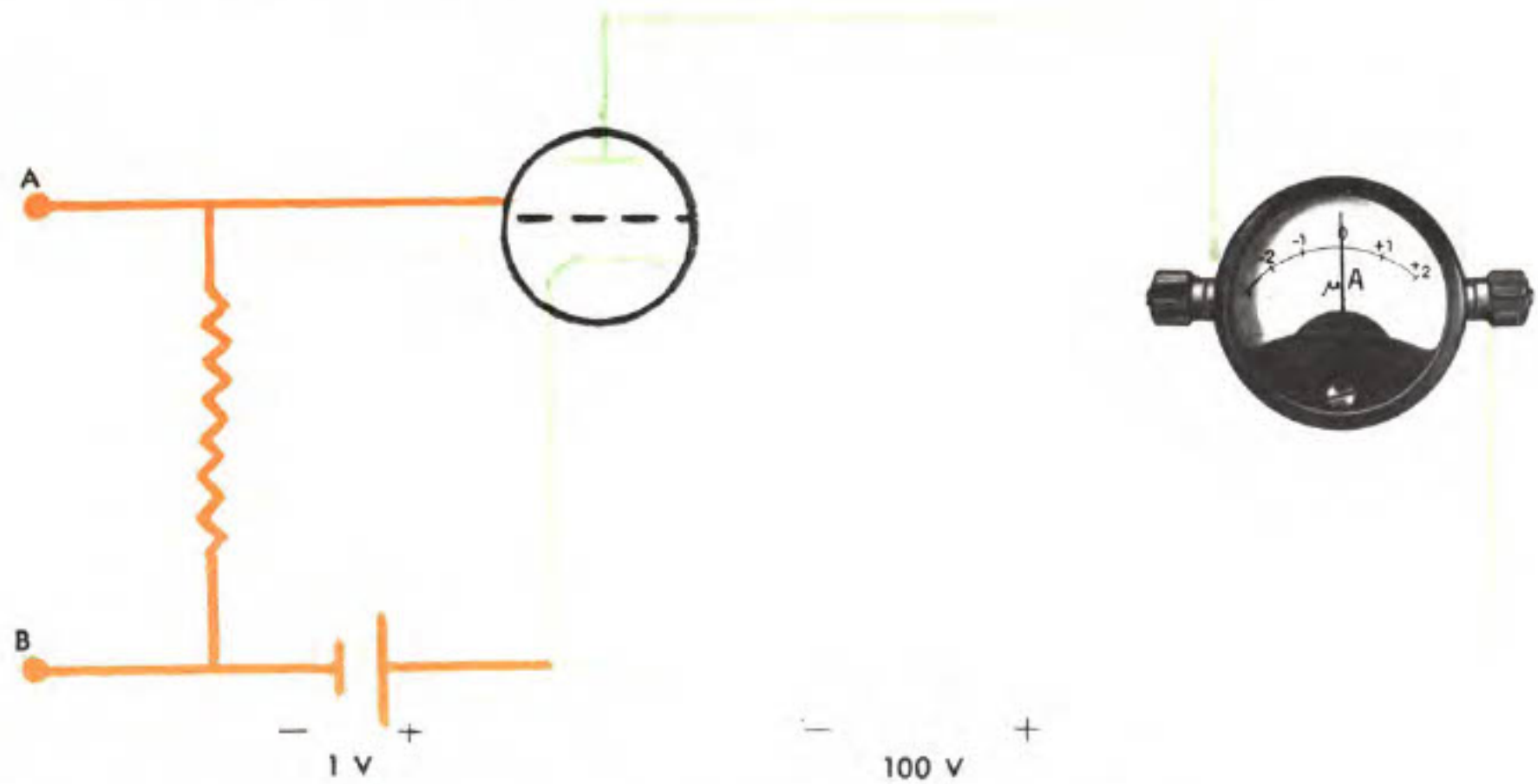
(corriente positiva), hacia la derecha de la división 3; en el segundo (corriente negativa) hacia la izquierda. El lector puede comprobar, a título de ejercicio, que para una corriente de + 2 μA en el circuito de rejilla, la intensidad en el de placa es de 5 mA y que para una de —2 μA queda reducida a 1 mA.

Podemos resumir en la siguiente tabla los resultados que relacionan la intensidad que recorre la resistencia de 0'5 MΩ en el circuito de rejilla con la intensidad que marca el miliamperímetro situado en el circuito de placa:

INTENSIDAD CIRCUITO REJILLA	INTENSIDAD CIRCUITO PLACA
+ 2 μA	5 mA
+ 1 μA	4 mA
+ 0 μA	3 mA
— 1 μA	2 mA
— 2 μA	1 mA

Si queremos utilizar este aparato para medir corrientes del orden de 1 microamperio, con absoluta comodidad, rectificaríamos las indicaciones de la escala del galvanómetro y la grabaríamos tal como indica la figura, sustituyendo la indicación mA por μA y situando el cero donde antes marcaba 3.

Prescindiremos de la primera división (de 0 a 1 mA), ya que estas intensidades corresponden a la zona del codo inferior de la característica, donde no existe proporcionalidad entre la corriente en la resistencia conectada a la rejilla y la corriente del circuito de placa.



Mientras los bornes A y B del amplificador de intensidad no estén conectados a un circuito, el instrumento de medida indicará cero.

Considerado el fenómeno a través de este ejemplo concreto, pensamos haber demostrado cómo es posible utilizar un triodo como amplificador de intensidad.

El proceso puede resumirse así:

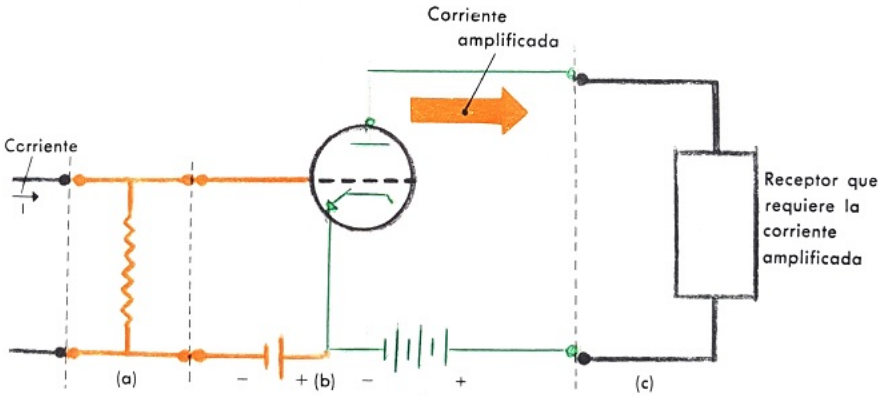
1. Se hace circular la corriente que deba amplificarse a través de una resistencia, lo que ocasionará en ella una d.d.p. proporcional a la intensidad.
2. Se aplica esa d.d.p. entre la rejilla y el cátodo de un triodo adecuadamente polarizado, con lo que la corriente de placa sufrirá variaciones proporcionales a esa d.d.p.
3. El aparato que deba recibir esas corrientes amplificadas se intercala en el circuito de placa.

En el gráfico adjunto ilustramos ese proceso.

El montaje que acabamos de describir, aunque muy elemental, nos ha ilustrado acerca de la enorme ventaja que el uso de las válvulas termoiónicas reporta a la técnica de las mediciones eléctricas en combinación con un galvanómetro.

Advertimos en la lección 10 que los galvanómetros de gran sensibilidad resultaban en extremo frágiles. En cambio, acabamos de ver cómo, en unión del triodo, un miliamperímetro de gran robustez es capaz de medir corrientes del orden de 1 microamperio.

En el mercado se encuentran, por ejemplo, microvoltímetros y microamperímetros electrónicos, basados en el principio expuesto, que combinan a la vez robustez y sensibilidad.



Para amplificar una corriente la hacemos circular por una resistencia (a), lo que origina una d.d.p. que aplicada entre la rejilla y el cátodo del triodo da lugar a una gran variación en la corriente de placa. Estas corrientes de placa son las que hacemos circular por el dispositivo que requieren estas corrientes amplificadas.

Recordemos que es un requisito imprescindible, para poder asegurar la corrección de la medida de una intensidad, el de que la resistencia del aparato intercalado en el circuito sea, *como mínimo*, diez veces más pequeña que la resistencia del propio circuito. Esta condición se cumple en nuestro caso, ya que la resistencia del circuito es de 100 MΩ y la que intercalamos alcanza sólo los 0'5 MΩ. Es decir: 200 veces menor.

Este es un voltímetro electrónico. En su interior hay un circuito amplificador que permite que el galvanómetro alcance a medir tensiones pequeñísimas.

Considerado el fenómeno a través de este ejemplo concreto, pensamos haber demostrado cómo es posible utilizar un triodo como amplificador de intensidad.

El proceso puede resumirse así:

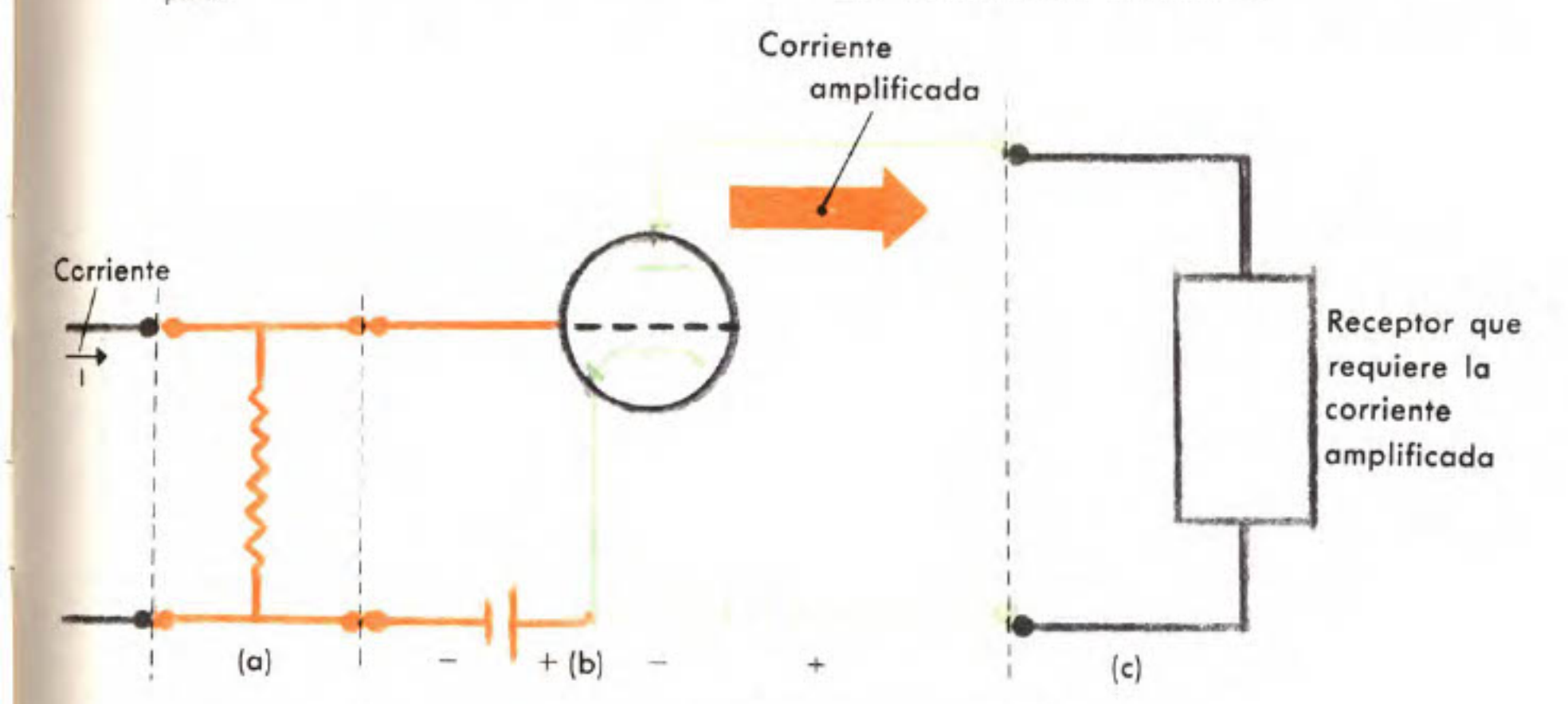
1. Se hace circular la corriente que deba amplificarse a través de una resistencia, lo que ocasionará en ella una d.d.p. proporcional a la intensidad.
2. Se aplica esa d.d.p. entre la rejilla y el cátodo de un triodo adecuadamente polarizado, con lo que la corriente de placa sufrirá variaciones proporcionales a esa d.d.p.
3. El aparato que deba recibir esas corrientes amplificadas se intercala en el circuito de placa.

En el gráfico adjunto ilustramos ese proceso.

El montaje que acabamos de describir, aunque muy elemental, nos ha ilustrado acerca de la enorme ventaja que el uso de las válvulas termoiónicas reporta a la técnica de las mediciones eléctricas en combinación con un galvanómetro.

Advertimos en la lección 10 que los galvanómetros de gran sensibilidad resultaban en extremo frágiles. En cambio, acabamos de ver cómo, en unión del triodo, un miliamperímetro de gran robustez es capaz de medir corrientes del orden de 1 microamperio.

En el mercado se encuentran, por ejemplo, microvoltímetros y microamperímetros electrónicos, basados en el principio expuesto, que combinan a la vez robustez y sensibilidad.

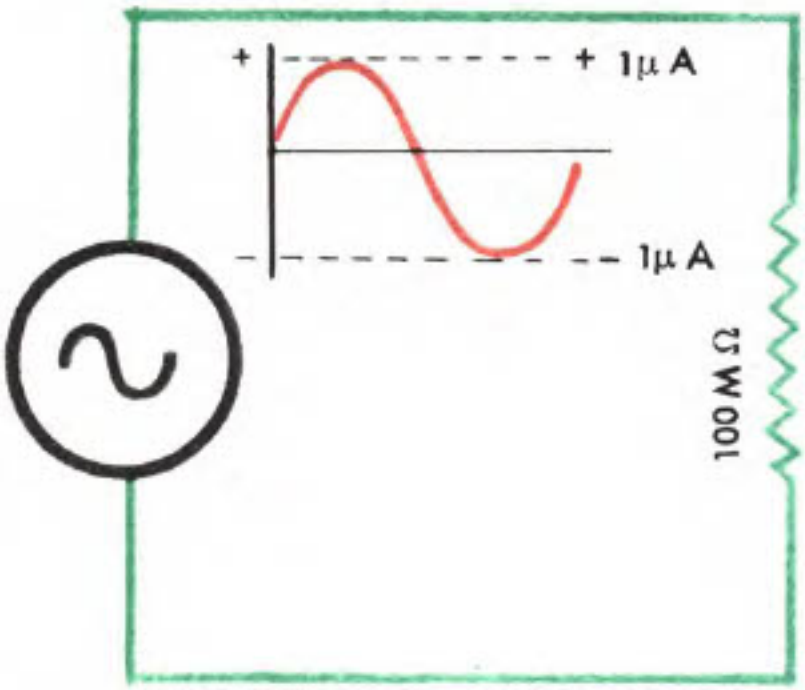


Para amplificar una corriente la hacemos circular por una resistencia (a), lo que origina una d.d.p. que aplicada entre la rejilla y el cátodo del triodo da lugar a una gran variación en la corriente de placa. Estas corrientes de placa son las que hacemos circular por el dispositivo que requieren estas corrientes amplificadas.

Recordemos que es un requisito imprescindible, para poder asegurar la corrección de la medida de una intensidad, el de que la resistencia del aparato intercalado en el circuito sea, *como mínimo*, diez veces más pequeña que la resistencia del propio circuito. Esta condición se cumple en nuestro caso, ya que la resistencia del circuito es de 100 MΩ y la que intercalamos alcanza sólo los 0'5 MΩ. Es decir: 200 veces menor.

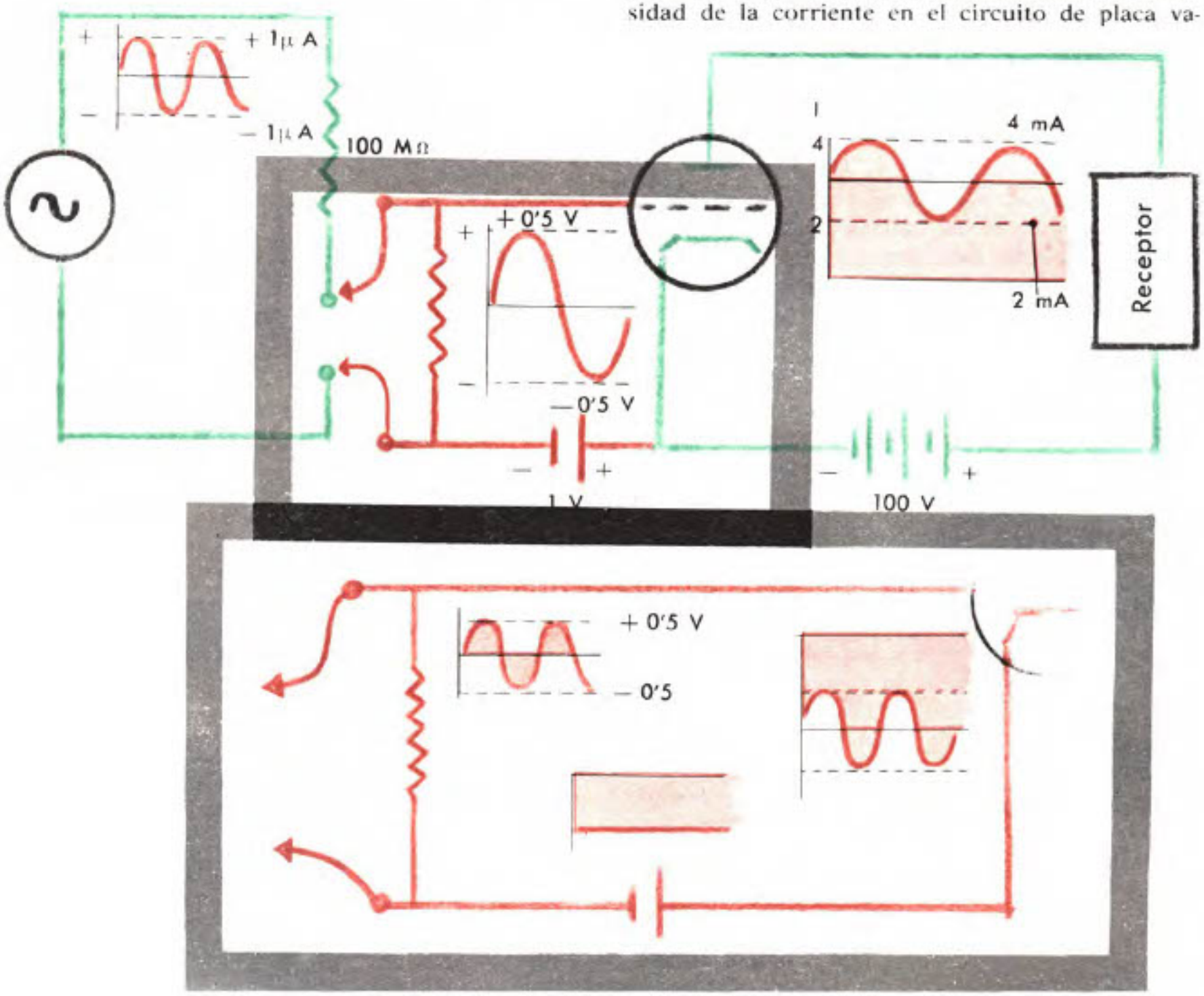
Este es un voltímetro electrónico. En su interior hay un circuito amplificador que permite que el galvanómetro alcance a medir tensiones pequeñísimas.

b) AMPLIFICADOR DE CORRIENTES ALTERNAS

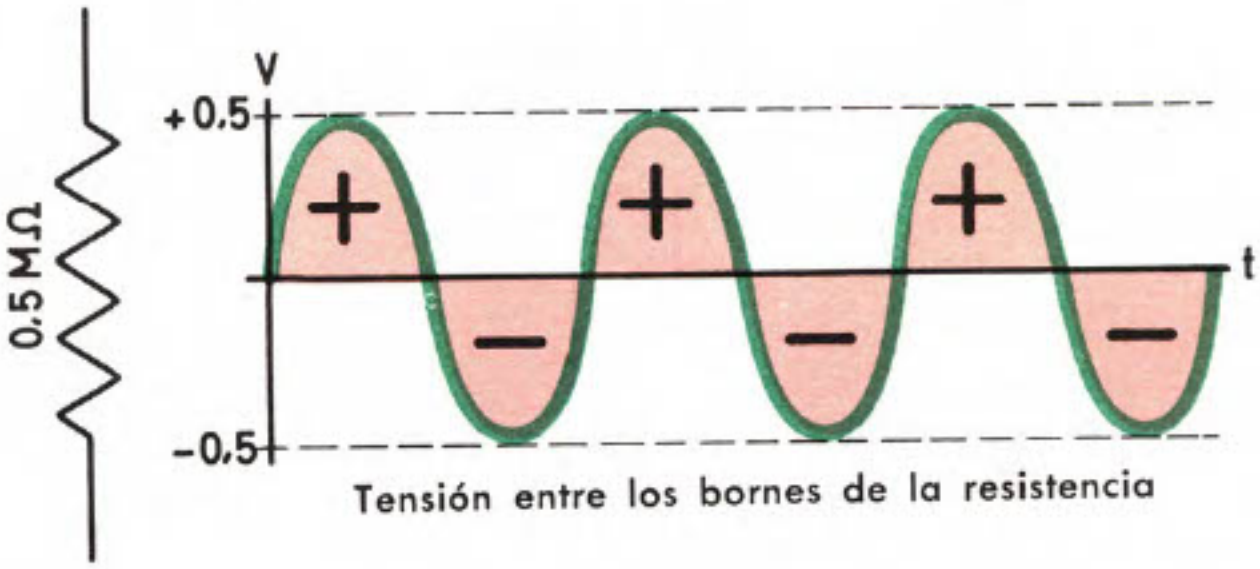


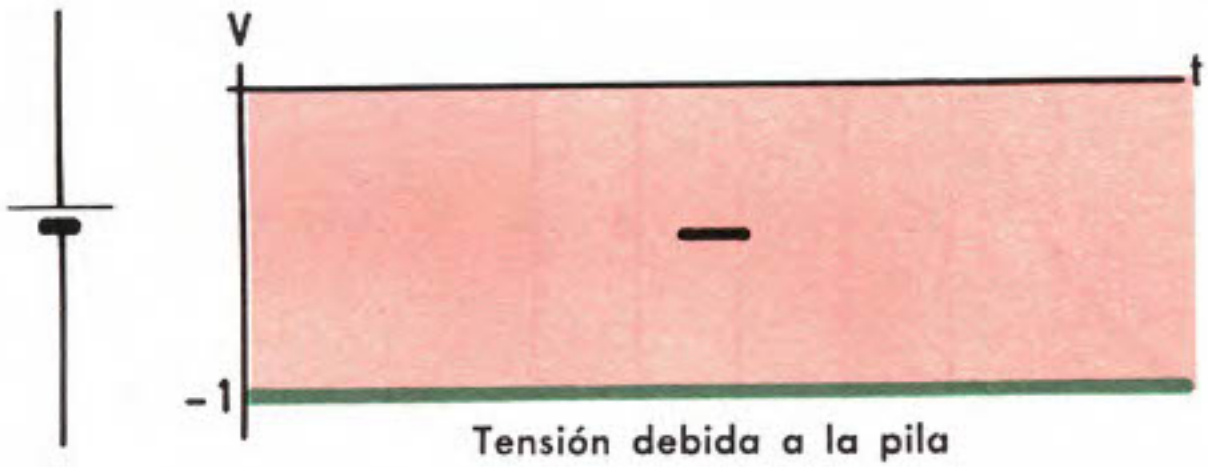
Un triodo también es capaz de amplificar la intensidad de una corriente alterna. Vamos a demostrarlo; supongamos que en el montaje que acabamos de utilizar sustituimos la batería de 100 V por un generador de corriente alterna que haga circular una corriente de 1 μA de valor de pico.

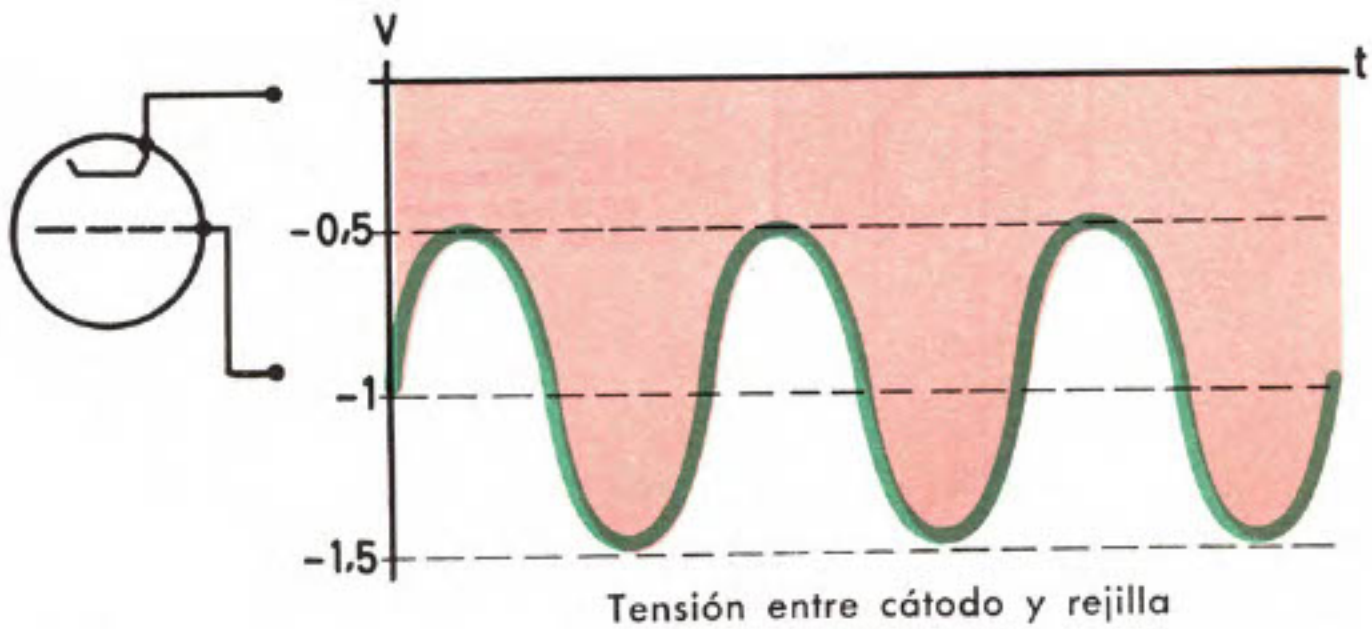
Si intercalamos en el circuito la resistencia de 0'5 MΩ del montaje electrónico que hemos considerado, esa corriente provocará en sus extremos una d.d.p. alterna de 0'5 V de valor de pico que se aplica directamente a la rejilla del triodo. Esa tensión se añade a la de —1 V de la pila conectada entre la resistencia y el cátodo, por lo que en definitiva la tensión entre la rejilla y el cátodo es siempre negativa, pero variable entre —0'5 V y —1'5 V, a causa de lo cual la intensidad de la corriente en el circuito de placa va-



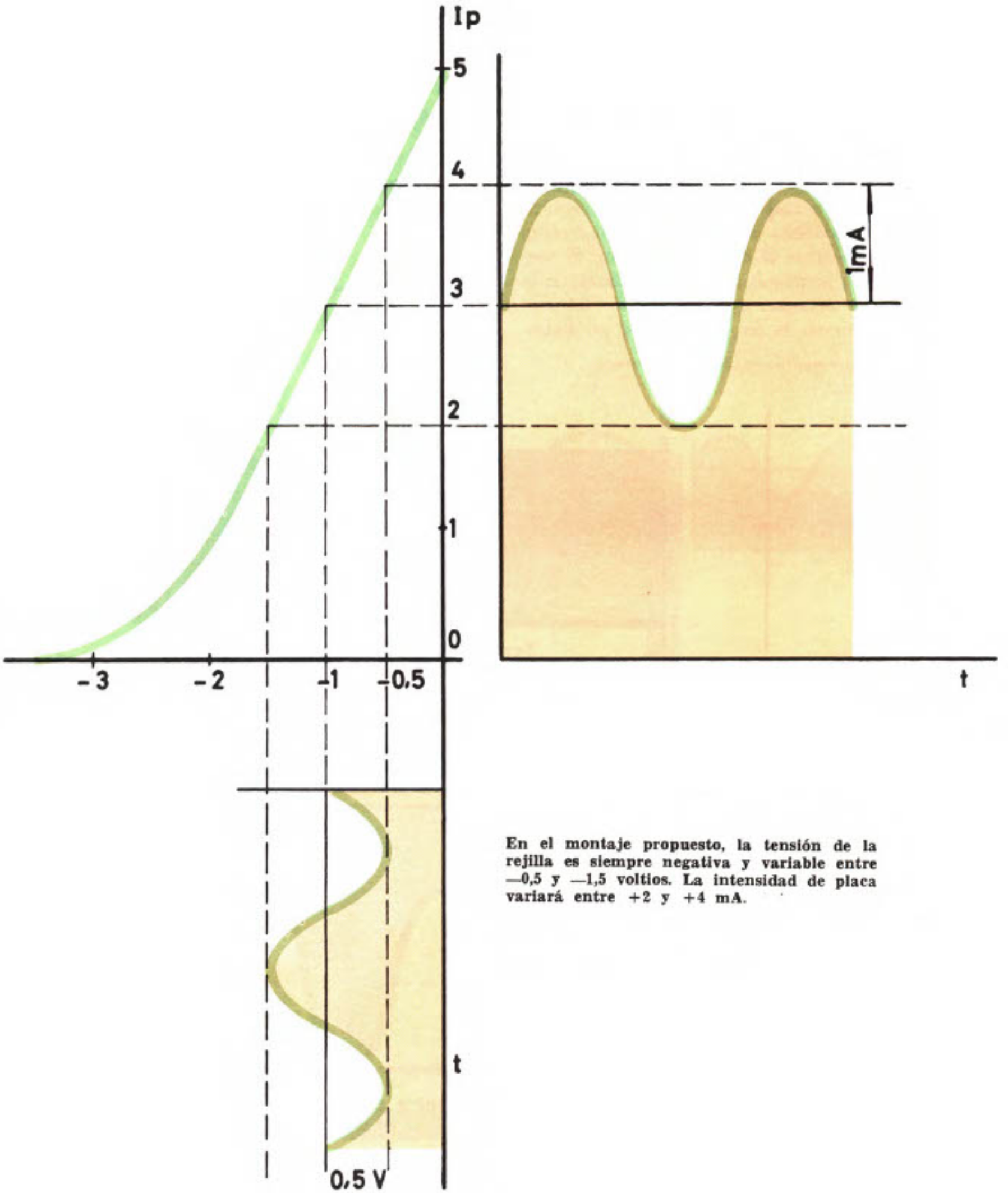
En este gráfico se representa el comportamiento de un amplificador de intensidad de G = 1000.



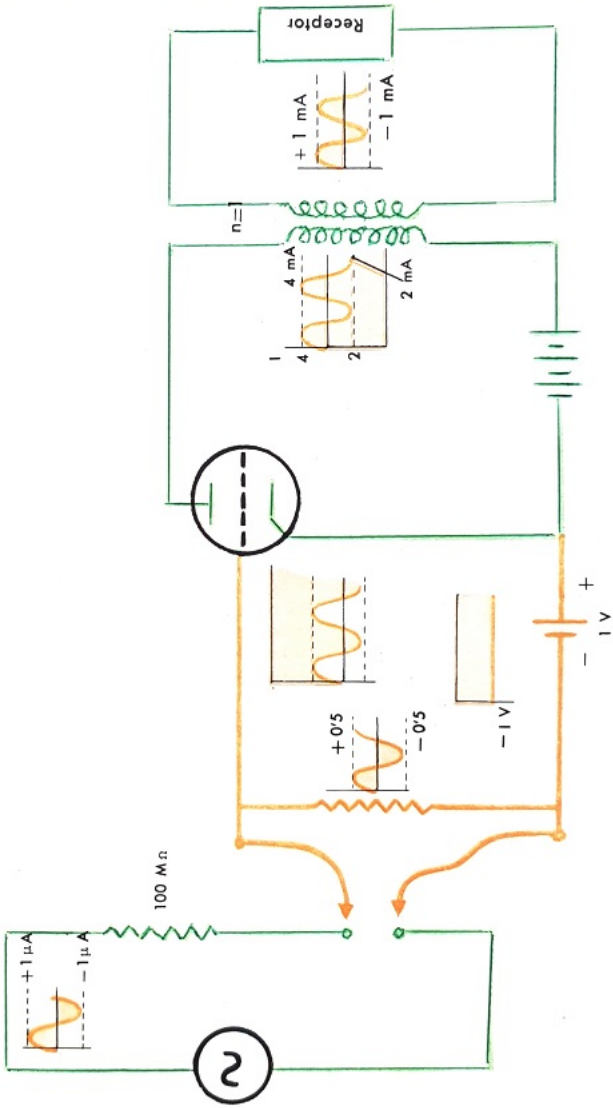




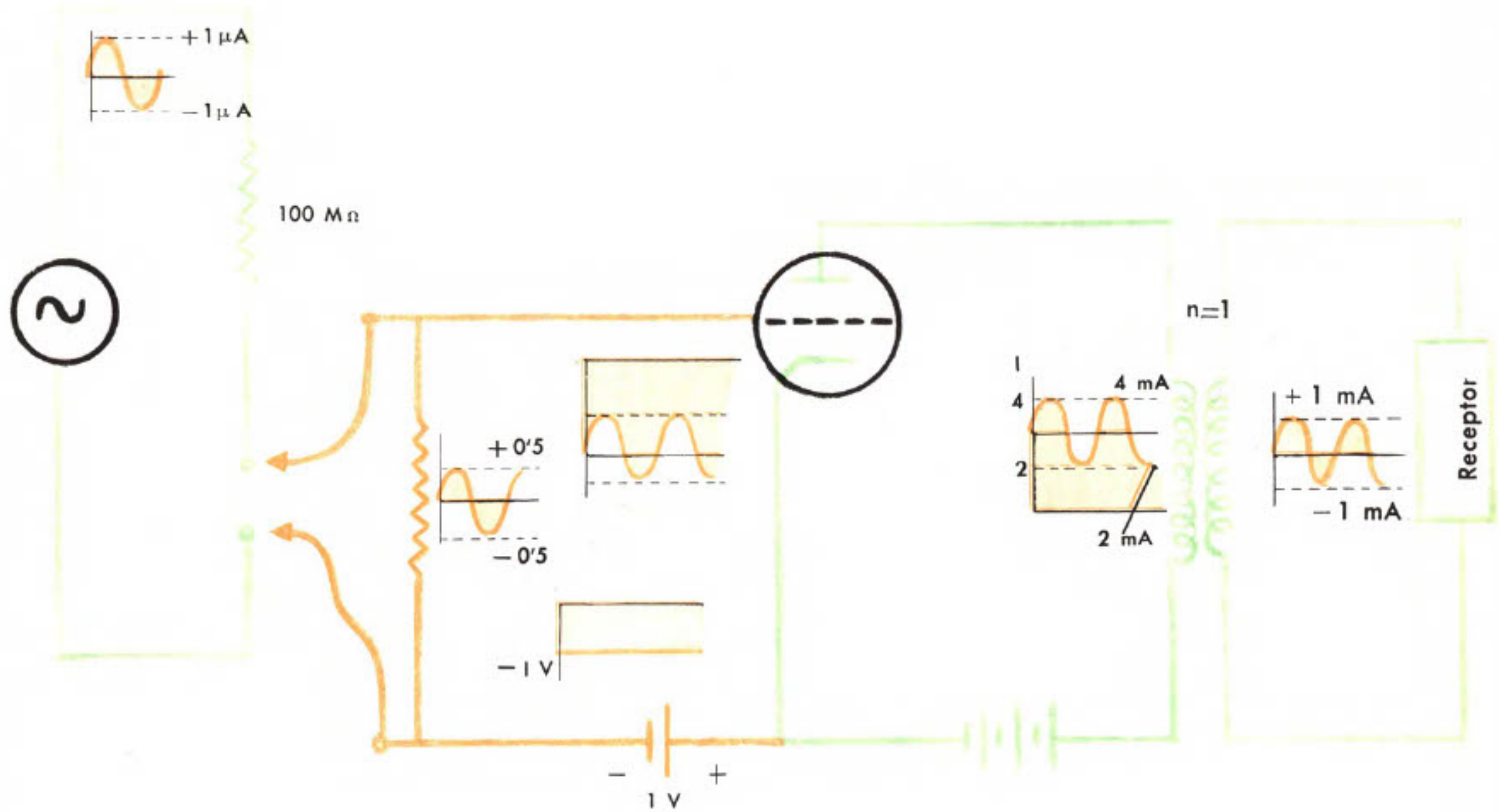
Como resultado de la tensión en la resistencia y la tensión de la pila, la tensión entre la rejilla y el cátodo toma los valores que se indican en el último gráfico.



En el montaje propuesto, la tensión de la rejilla es siempre negativa y variable entre —0,5 y —1,5 voltios. La intensidad de placa variará entre +2 y +4 mA.



Cuando sólo interesa la componente alterna, puede intercalarse un transformador entre el triodo y el dispositivo (receptor) que debe recibir la corriente de salida.



Cuando sólo interesa la componente alterna, puede intercalarse un transformador entre el triodo y el dispositivo (receptor) que debe recibir la corriente de salida.

riará entre +4 mA y +2 mA, todo ello tal y como se indica en los gráficos.

Es evidente que este montaje hace circular a través del dispositivo conectado a la placa del triodo una corriente *cuyas variaciones* son mil veces mayores que las de la corriente alterna que aplicamos a la entrada; pero también es igualmente cierto que la corriente a la salida no es en realidad alterna, sino continua variable, constituida por una *componente continua* de 3 mA y una *componente alterna* de 1 mA de valor de pico. Como en muchas ocasiones sólo interesa la componente alterna, puede intercalarse un transformador entre el triodo y el dispositivo que debe recibir la corriente de salida. En el secundario del transformador tendremos, exclusivamente, la componente alterna; e incluso es posible conseguir una amplificación adicional haciendo que el número de espiras del primario sea dos o tres veces mayor que el número de espiras del secundario. Es decir, con un transformador de relación elevadora de intensidad.

Emplear a la vez un triodo y un transformador para amplificar la intensidad de una corriente alterna puede parecer poco razonable, puesto que el transformador por sí solo es capaz de cumplir esta función. Pero existe una razón poderosa: los transformadores, tan sencillos en teoría, presentan graves inconvenientes de orden práctico, sobre todo en casos como el que nos ocupa, cuando uno de los devanados requeriría tener muchas más espiras que el otro (mil veces más en nuestro caso). Algunas de esas dificultades quedan eliminadas al utilizar el transformador en combinación con válvulas termoiónicas. Volveremos a hablar de ello en otra ocasión. Por ahora basta saber que en la práctica es muy difícil conseguir grandes amplificaciones, lo mismo de intensidad que de tensión, empleando transformadores exclusivamente.

CALCULO DE LA GANANCIA DE UN AMPLIFICADOR DE INTENSIDAD

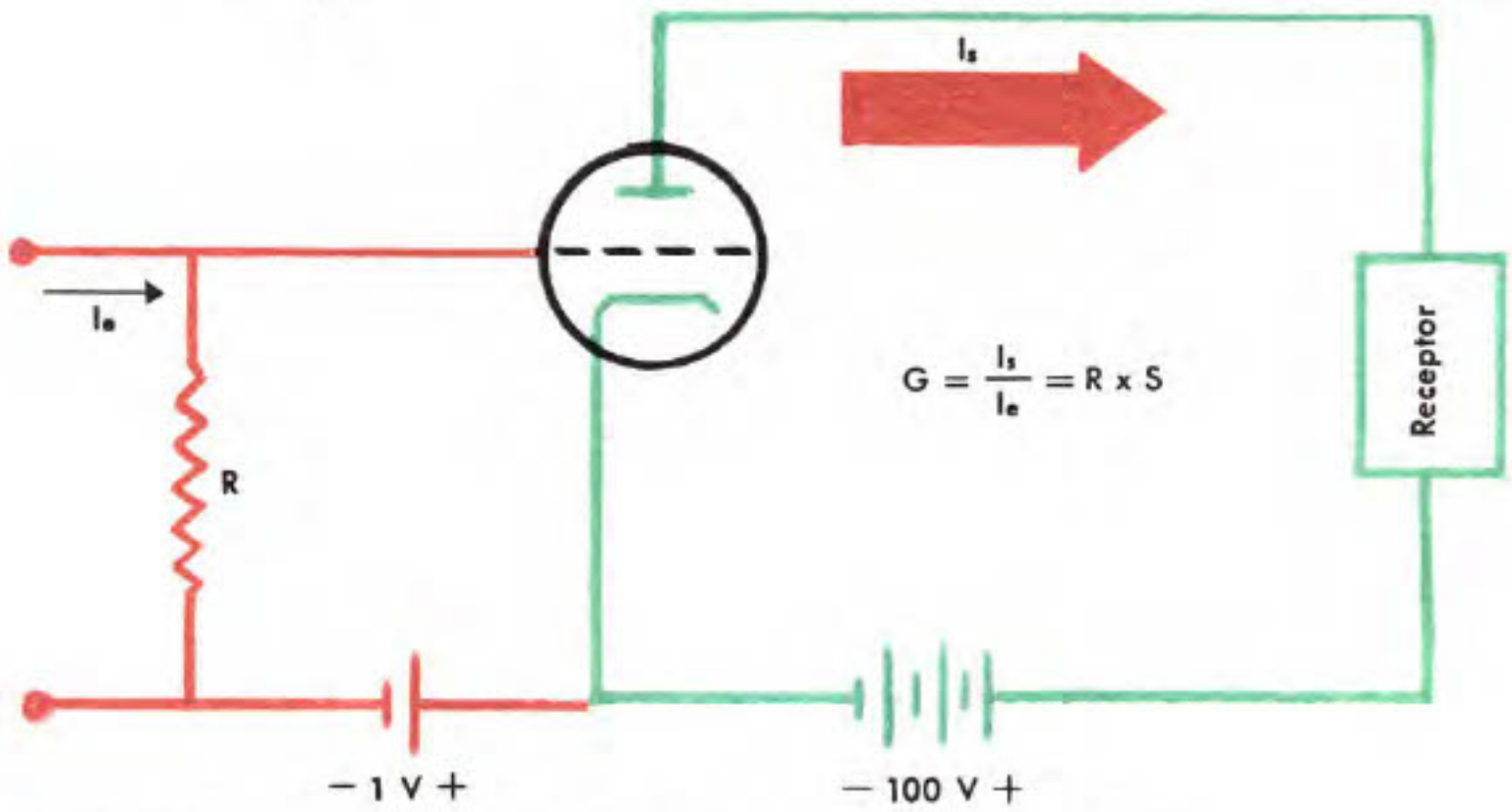
Recordemos que la ganancia de un amplificador es el cociente que resulta de dividir el valor de la señal de salida entre el de la señal de entrada.

En el caso de un amplificador de intensidad:

$$G = \frac{I_s}{I_e}$$

Ahora bien: al circular por R, la intensidad I_e crea en sus extremos una d.d.p. de valor $R \times I_e$, que será la causa de la variación de I_s en la corriente del circuito de placa.

Recuerde ahora que POR CADA VOLTIO QUE VARÍA LA TENSIÓN EN LA REJILLA, LA INTENSIDAD EN EL CIRCUITO DE PLACA VARÍA UN NÚMERO DETERMINADO DE MILIAMPERIOS, AL QUE LLAMÁBAMOS PENDIENTE (S).



La ganancia de un amplificador de intensidad responde a una fórmula muy simple:

$$G = \frac{I_s}{I_e} = R \times S.$$

Por tanto, cuando variemos la tensión en la reja no en 1 V, sino en $I_e \times R$ voltios, la intensidad en la placa variará en:

$$I_s = I_e \times R \times S$$

Por tanto, ganancia será:

$$G = \frac{I_s}{I_e} = \frac{I_e \times R \times S}{I_e} = R \times S$$

$$G = R \times S$$

Ganancia = resistencia en el circuito de rejilla × × pendiente de la válvula

Usted puede comprobar que, en el ejemplo que hemos propuesto, cuando la tensión de la rejilla varía en 1 voltio (de —0'5 a —1'5, pongamos por caso) la intensidad de placa varía en 2 mA (de 2 mA a 4 mA). Luego, la pendiente S de la válvula, es:

$$S = 2 \text{ mA/V} \qquad \text{o bien } S = 0'002 \text{ A/V}$$

Y puesto que $R = 0'5\ M\Omega = 500000\ \Omega$, tendremos que la ganancia será:

$$G = 500000\ \Omega \times 0'002\ \text{A/V} = 1000,$$

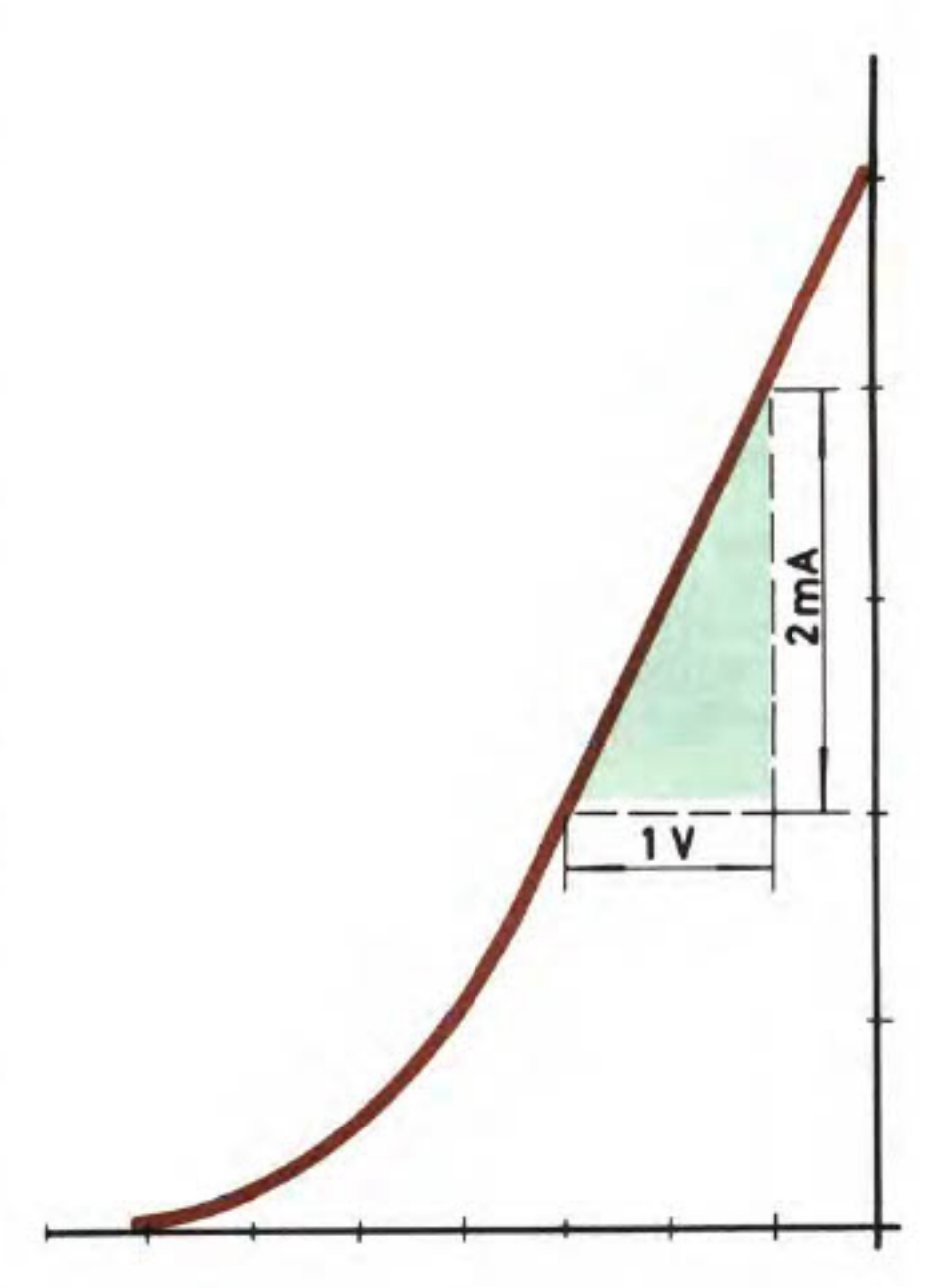
tal y como sabíamos.

Debe tenerse muy presente que si R viene representada en ohmios S debe expresarse en amperios/voltios y no en mA/V. Otra posibilidad más cómoda es dar el valor de R en KΩ y el de S en mA/V. En ambos casos el resultado es el mismo:

$$G = R\ (\Omega) \times S\ (\text{A/V})$$
$$G = R\ (K\Omega) \times S\ (\text{mA/V})$$

Puede creerse que para obtener una ganancia grande basta con utilizar una resistencia R de gran valor. De hecho, empero, varias causas impiden utilizar valores mayores de alrededor de 1 MΩ. Una de ellas la de que, puesto que esta resistencia debe intercalarse en el circuito cuya corriente se pretende amplificar, conviene que sea pequeña en comparación con la resistencia propia del circuito. Recuerde lo que a este respecto se dijo al hablar de medidas eléctricas.

Lo que sí es siempre conveniente es utilizar una válvula cuya pendiente sea lo mayor posible.



UNA ADVERTENCIA FINAL

Habrá observado que para estudiar el funcionamiento del triodo como amplificador de intensidad hemos utilizado una de las curvas características de rejilla; concretamente, la que corresponde *a una tensión constante de 100 V en placa.*

Pues bien; para que podamos admitir que tal tensión es siempre fija e igual a la de la batería de 100 V, es preciso suponer que el dispositivo que intercalamos entre la placa y dicha batería no posee resistencia; o si la tiene, es muy pequeña. De otra forma, parte de la tensión de la batería se perdería en esa resistencia, con lo que la tensión en placa sería menor de 100 V — digamos de 90 V, por ejemplo —; y cuando aumenta-

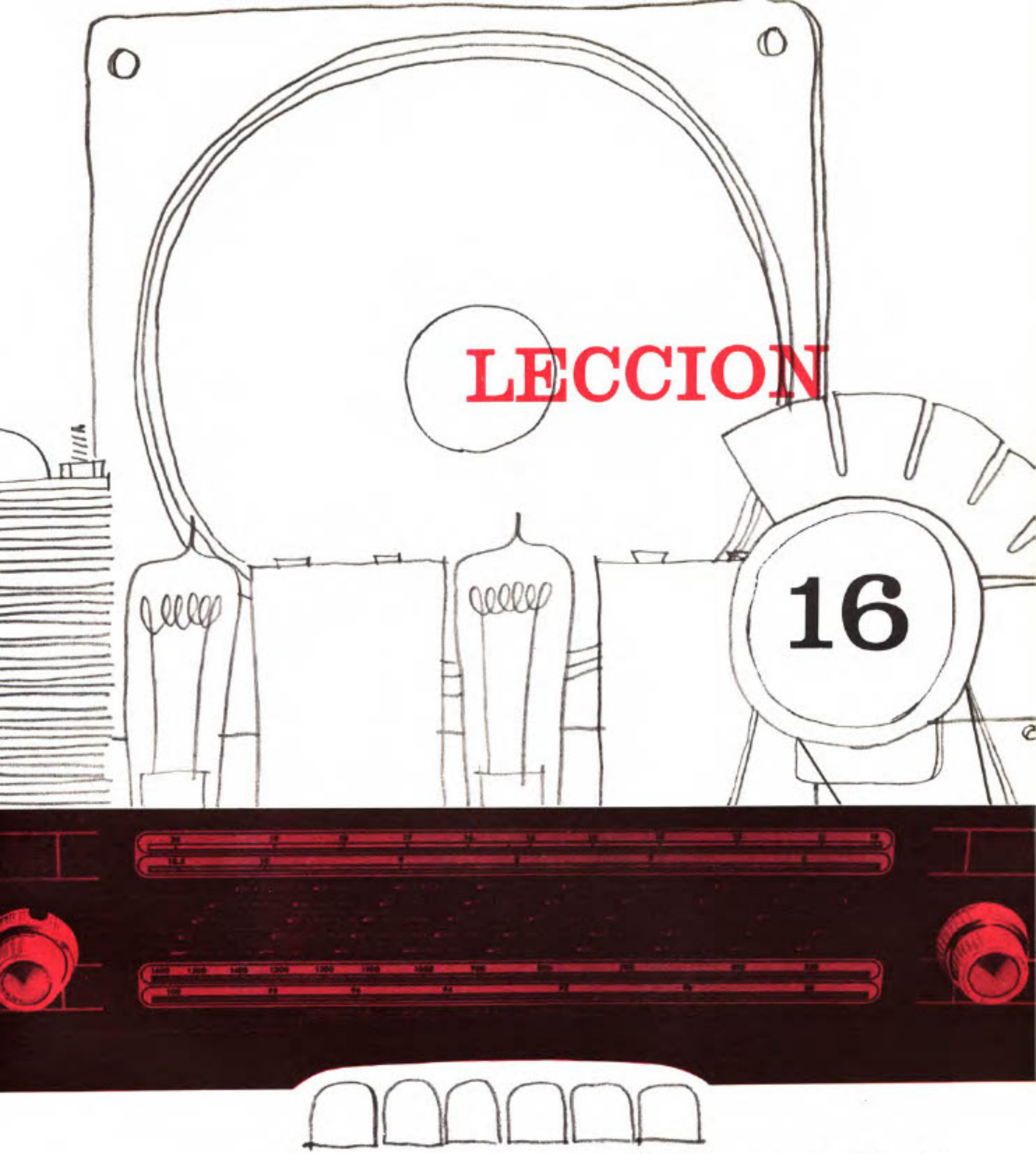
se la corriente a través del triodo por causa de haber disminuido la tensión negativa de rejilla, sería mayor todavía la pérdida de tensión en el dispositivo, en cuyo caso la de placa disminuiría aún más, pasando a ser, por ejemplo, de 80 V. En estas condiciones, claro está, no podemos suponer que la intensidad a través del triodo venga dada por la curva indicada, ya que en ella se supone que la tensión de placa es invariablemente igual a 100 V.

Es preciso, pues, tener en cuenta que LOS DISPOSITIVOS QUE SE CONECTAN A LA SALIDA DE UN AMPLIFICADOR DE INTENSIDAD DEBEN TENER MUY POCA RESISTENCIA.

Es posible — incluso es muy posible — que esta lección le haya proporcionado muchas sorpresas, por cuanto en ella ha estudiado unos temas que por lo general desconoce la mayoría y aun aquellos que, llamándose aficionados, no han tenido ocasión de fundamentar sus conocimientos en una base teórica de suficiente solidez.

Hemos iniciado uno de los temas de repercusiones prácticas más inmediatas y efectivas de cuantos pueden considerarse clásicos dentro de la radiotecnia: la amplificación; los amplificadores. No vale la pena hablar de su trascendencia en el campo de la radio y de la reproducción del sonido en general. Es cuestión harto conocida, sobre todo por quien haya sentido más o menos interés por las cuestiones de la radio.

Usted intuye esta importancia. Ahora, por etapas ordenadas, se capacitará en el estudio y construcción de las etapas amplificadoras de un radiorreceptor.



El triodo como amplificador de tensión

Relación entre las características de un triodo

Divisores de tensión

Ganancia en el amplificador de tensión

Análisis de tensiones e intensidades

EL TRIODO COMO AMPLIFICADOR DE TENSION

Conocemos la virtud del triodo termoniónico que permite emplearlo como amplificador de la intensidad de una corriente. Recuerde que tal virtud consiste en el hecho de que, en los triodos, A LAS VARIACIONES DE LA TENSIÓN APLICADA ENTRE REJILLA Y CÁTODO CORRESPONDEN VARIACIONES EN LA INTENSIDAD DEL CIRCUITO DE PLACA.

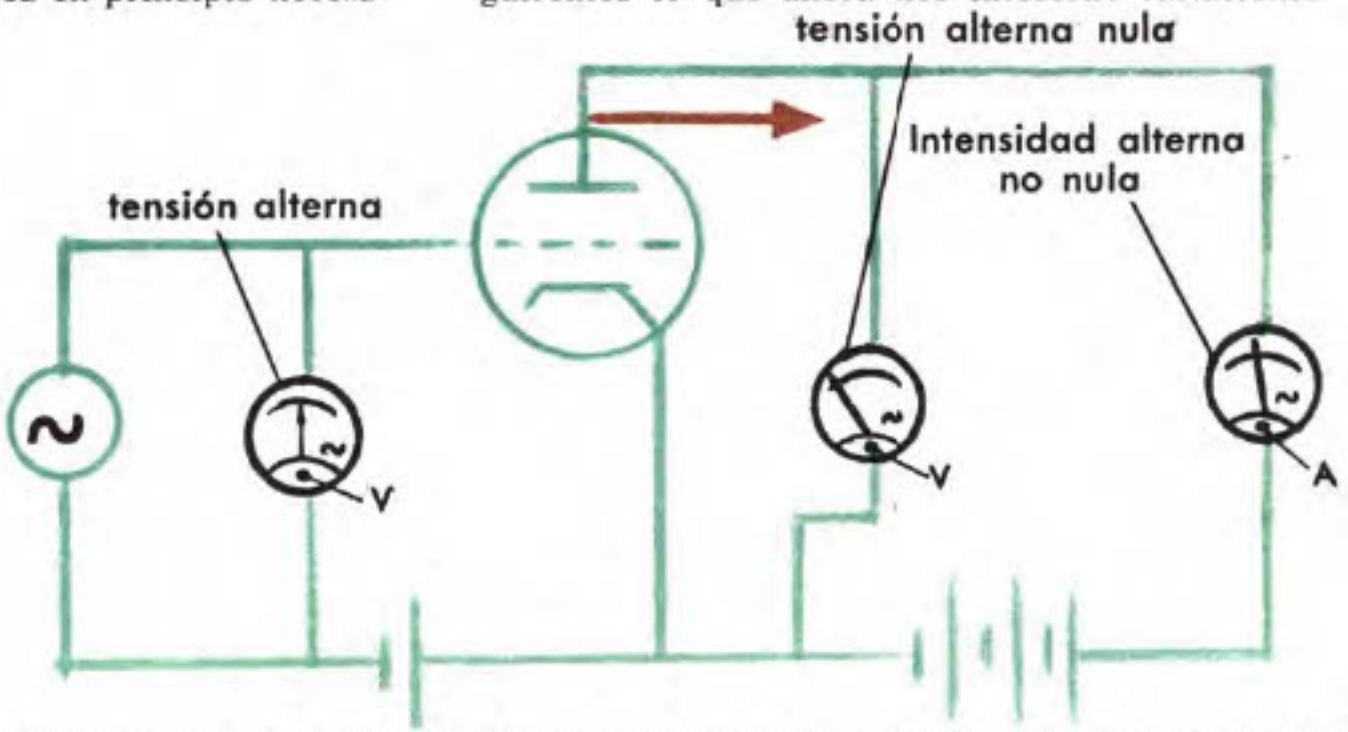
Es muy importante darse perfecta cuenta de la significación exacta de lo que acabamos de recordar. Lo que significa es que para obtener una *intensidad variable* en el circuito de placa no es preciso que entre rejilla y cátodo tengamos una corriente de *intensidad* también *variable*, sino que la magnitud a variar entre ambos electrodos (rejilla y cátodo) es la tensión. Es decir: de una tensión variable entre rejilla y cátodo, obtenemos una intensidad variable en el circuito de placa.

Por otra parte, resulta imposible que entre rejilla y cátodo circule una intensidad variable, ya que, según hemos visto, la rejilla será siempre negativa y en tales circunstancias no habrá corriente de rejilla.

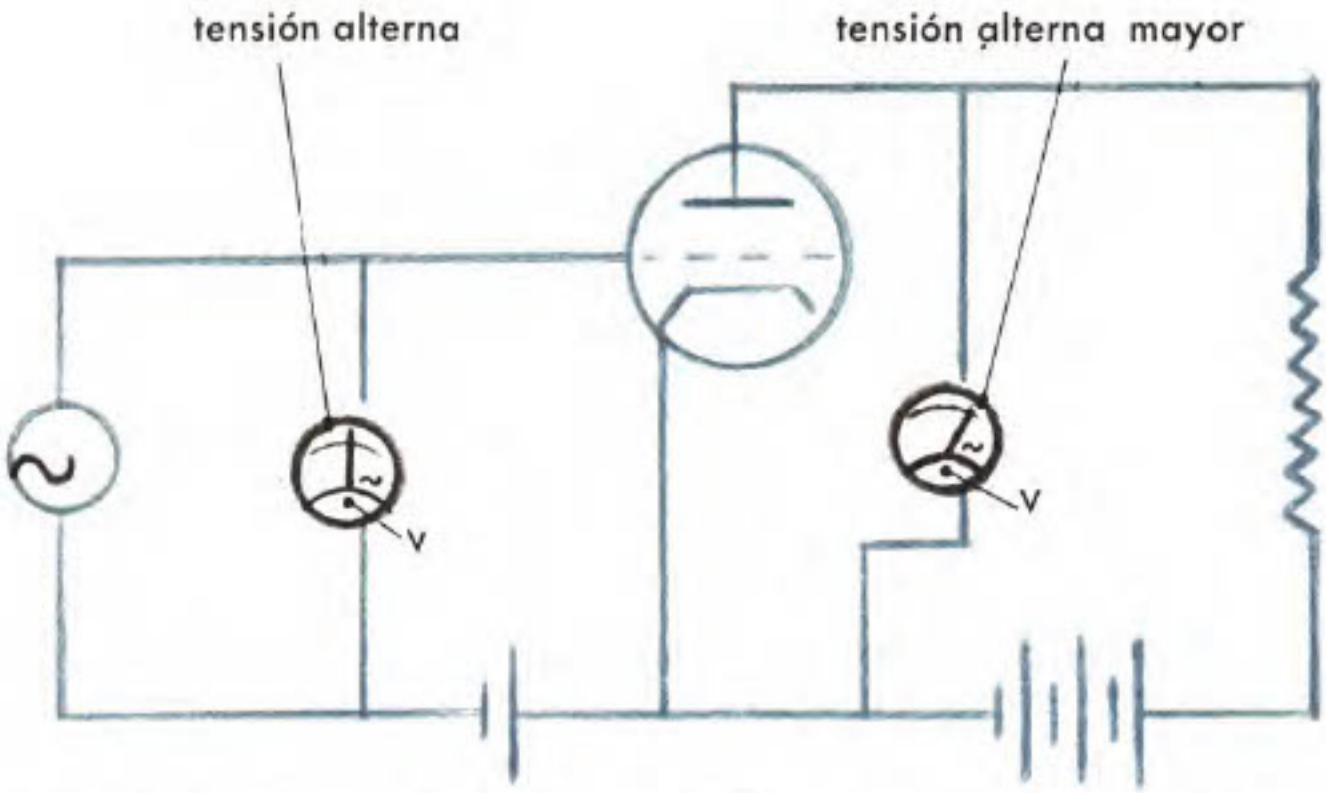
Por esas razones, al utilizar un triodo para amplificar la intensidad de una corriente dada hemos tenido necesidad de hacerla circular a través de una resistencia (la de 0'5 MΩ) para obtener en sus extremos una tensión proporcional a la intensidad. Esta tensión es la que hemos aplicado a la rejilla del triodo.

COMO AMPLIFICAR UNA TENSION

Hemos recordado que para obtener una intensidad amplificada debíamos aplicar entre rejilla y cátodo una tensión proporcional a la intensidad de origen. Por tanto, es lógico que al pretender amplificar una tensión no sea en principio necesario utilizar esa resistencia, pudiéndose aplicar esa tensión directamente a la rejilla del triodo. Conseguiremos así que la intensidad del circuito de placa varíe a tenor de esta tensión; pero no conseguiremos lo que ahora nos interesa: variaciones



Si aplicamos a la rejilla de un triodo una tensión variable, obtendremos en el circuito de placa una intensidad variable; pero no variaciones de tensión mientras la batería esté directamente unida a la placa.

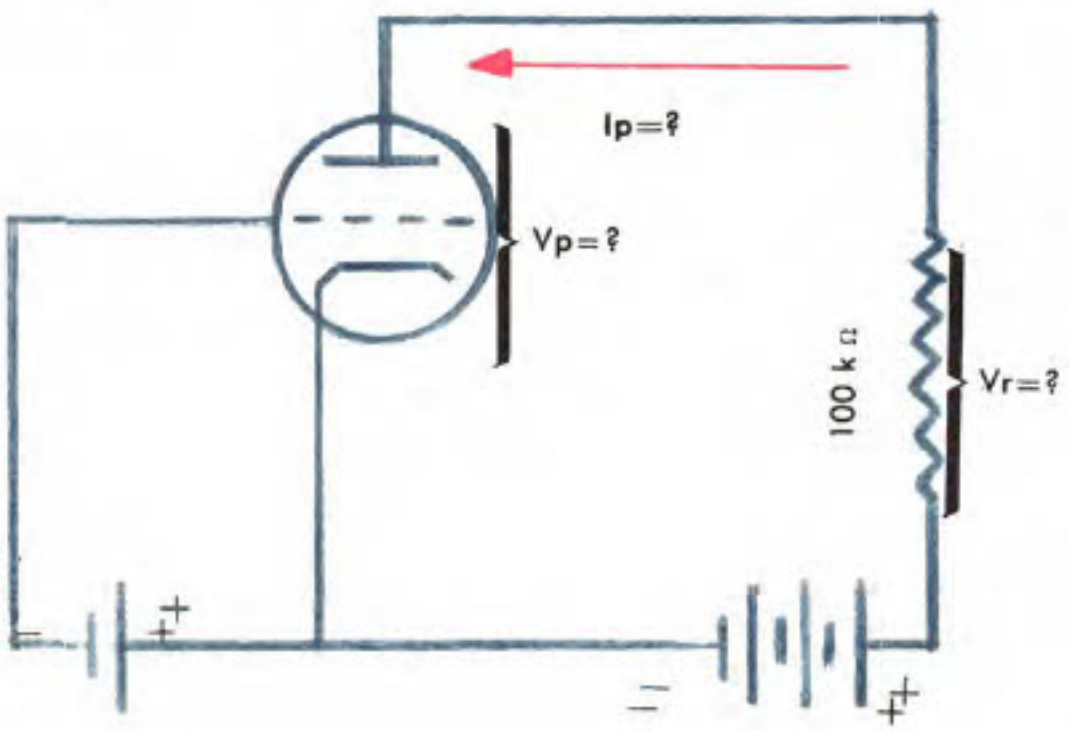


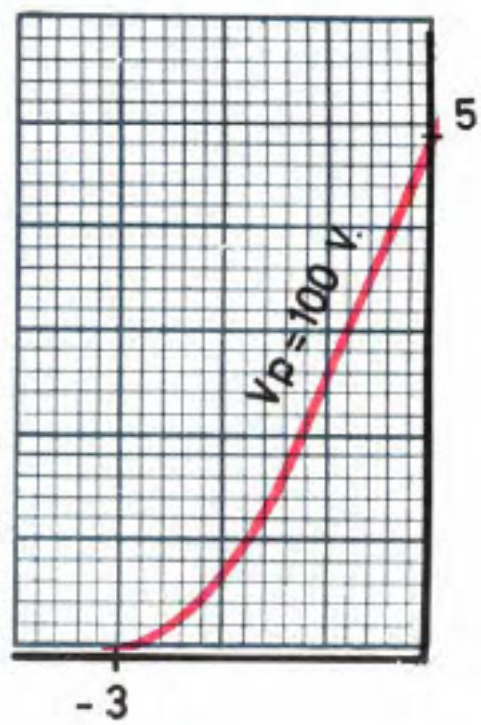
Este es el circuito básico de un amplificador de tensión a triodo. La tensión que se pretende amplificar, al ser aplicada a la rejilla del triodo, provoca variaciones en la intensidad de placa, que a su vez causan variaciones de tensión entre los bornes de la resistencia. Estas variaciones pueden tener una amplitud mucho mayor que en la tensión inicial.

de tensión. Tal ocurre cuando la batería esta directamente unida a la placa; pero, puesto que tenemos una intensidad variable, bastará añadir una resistencia entre la placa y la batería para que en sus extremos aparezca una tensión, cuyas variaciones correspondan a las que marca la intensidad en el circuito de placa, debidas a su vez a la tensión aplicada a la rejilla del triodo.

Como puede ver, el principio en que se basa la amplificación de una tensión por medio de un triodo es muy sencillo. Pero una cosa es conocer el principio; y otra adentrarse en el estudio detallado del funcionamiento de un amplificador de tensión. Aquí surgen muchas más complicaciones que en el caso de los amplificadores de intensidad.

En efecto: supongamos que pretendemos utilizar el mismo triodo hipotético cuya característica de rejilla para $V_p = 100$ V dimos en la lección anterior, y que para mayor comodidad repetimos ahora. Supongamos también que hemos introducido, entre la batería de 100 V y la placa del triodo, una resistencia de 100 KΩ. De momento, y para simplificar la cuestión, desestimamos la presencia del generador de tensión variable. Por tanto, el esquema del montaje será el que indica la figura.





Para simplificar la cuestión suprimimos por el momento el generador de tensión variable. Vea también en este gráfico las incógnitas que se nos presentan.

En este circuito hay una cosa evidente: la tensión de placa ya no será de 100 V, como sería sin la resistencia, puesto que está clarísimo que parte de la tensión proporcionada por la batería se pierde en la resistencia debido a la corriente que por ella circula. Preguntemos ahora: ¿cuál es el valor de V_p?

Si conociésemos la intensidad I_p que circula a través de la resistencia, sería muy fácil calcular la pérdida de tensión que se da en ella, y luego restar esta pérdida de los 100 V iniciales. La diferencia sería el valor V_p.

Pero, desgraciadamente, tampoco conocemos I_p, por la simple razón de que siendo de 3 mA para $V_p = 100$, al ser ahora V_p menor que 100 (puesto que la resistencia produce una pérdida de tensión) fatalmente también deberá disminuir la intensidad, dado que no varía la tensión de rejilla V_g. Nueva pregunta: ¿en cuánto disminuirá?

Añadamos a la rejilla la tensión variable que deseamos amplificar y habremos liado un poco más nuestro problema, porque ante estas variaciones de V_g también variará V_p. Pero ¿cómo calcular el valor de estas variaciones?

Las páginas que siguen intentan dar cumplida respuesta a tanto interrogante. El primer paso a dar consiste en trazar todas las características de este triodo hipotético sobre el cual trabajamos y analizar las relaciones que las unen, pues precisamente en ellas está la solución de todos los problemas que puedan presentarse en orden al funcionamiento del triodo. También volveremos a comentar — pero esta vez desde un punto de vista diferente que el de la lección 9 — el problema de determinar la intensidad y tensión en un circuito formado por dos resistencias en serie.

RELACION ENTRE LAS DIVERSAS CARACTERISTICAS DE UN TRIODO

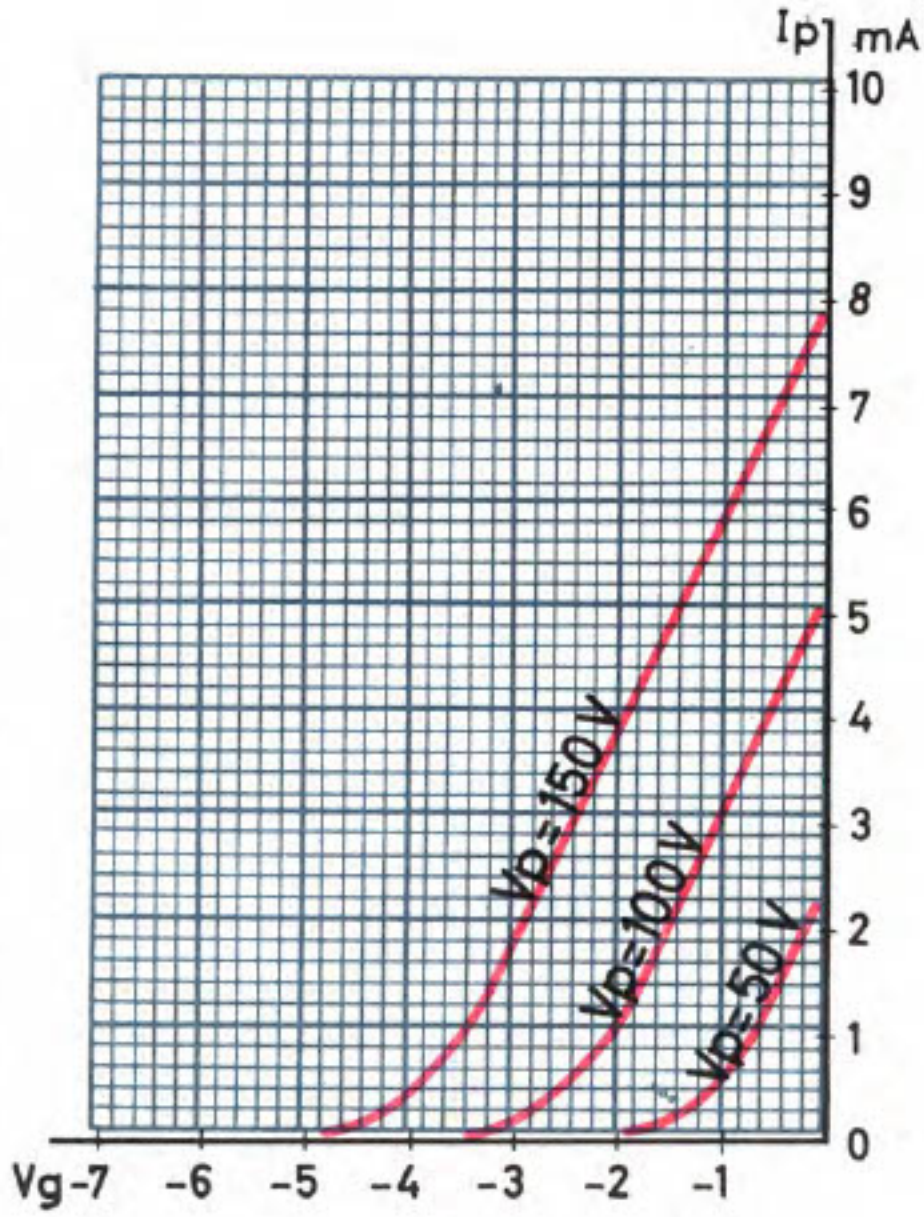
Cuando en la lección octava estudiamos lo que eran las curvas características de una válvula, llegamos a la conclusión de que el comportamiento de un triodo quedaba determinado si conocíamos sus tres características: LAS CARACTERÍSTICAS DE REJILLA, LAS CARACTERÍSTICAS DE PLACA Y LAS CARACTERÍSTICAS DE INTENSIDAD CONSTANTE.

También le advertimos sobre la posibilidad de poder trazar dos de las características del triodo cuando conocíamos la tercera. Es decir, que partiendo de una de las tres características de un triodo es posible dibujar las dos restantes.

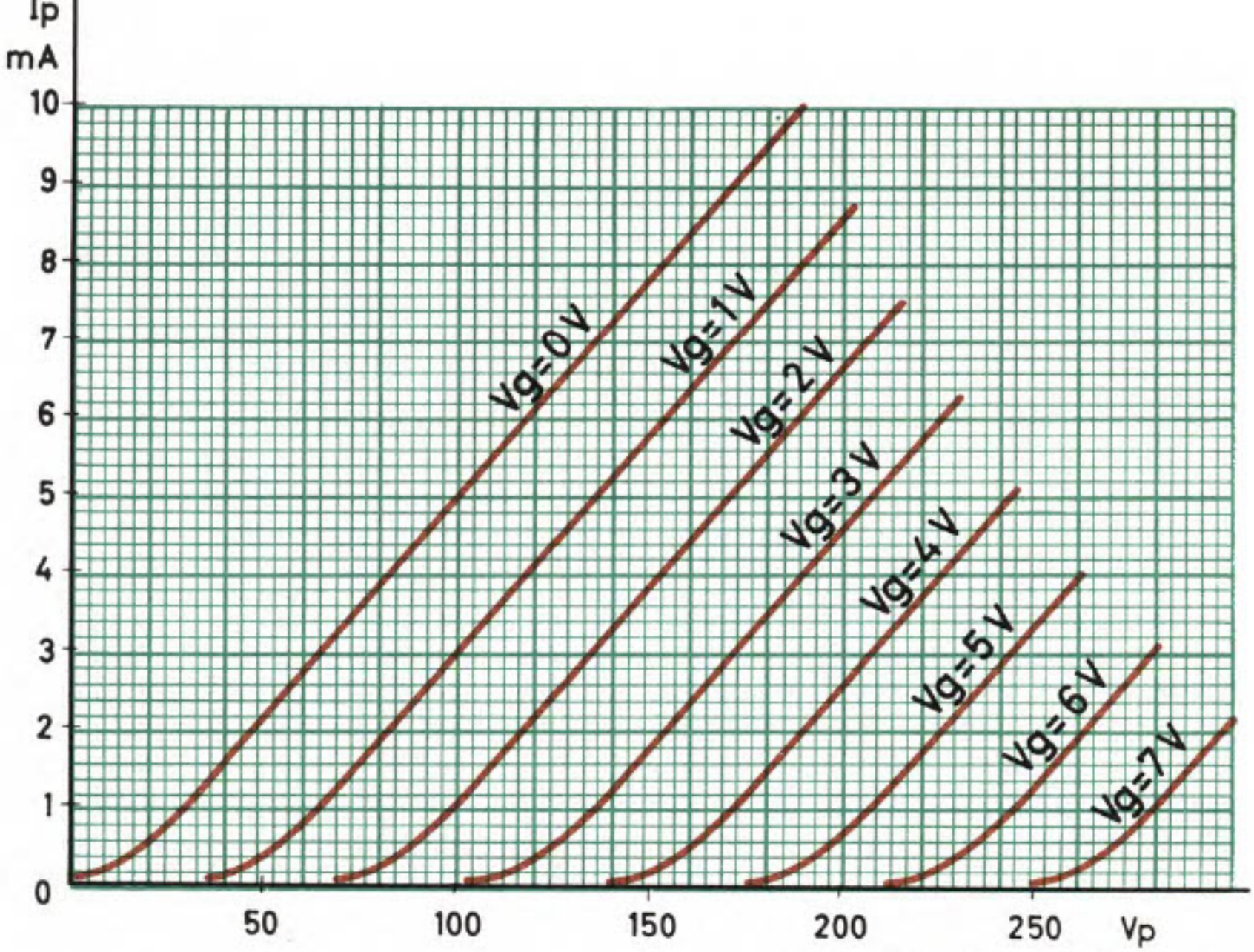
Para demostrarlo vamos a servirnos de las características del triodo ideal — hipotético, desde luego — que ya nos ha servido para el estudio de lo que debe entenderse por *característica* de un triodo. Si comparamos estas curvas ideales con las de un triodo real (una ECC82, por ejemplo), las advertiremos mucho más rectilíneas y manteniendo entre sí un paralelismo muy acusado. Lo mismo sucedería si las comparásemos con cualquier otro triodo.

Si hemos preferido apoyar este estudio en unas características ideales es simplemente para facilitar la comprensión de lo que sigue.

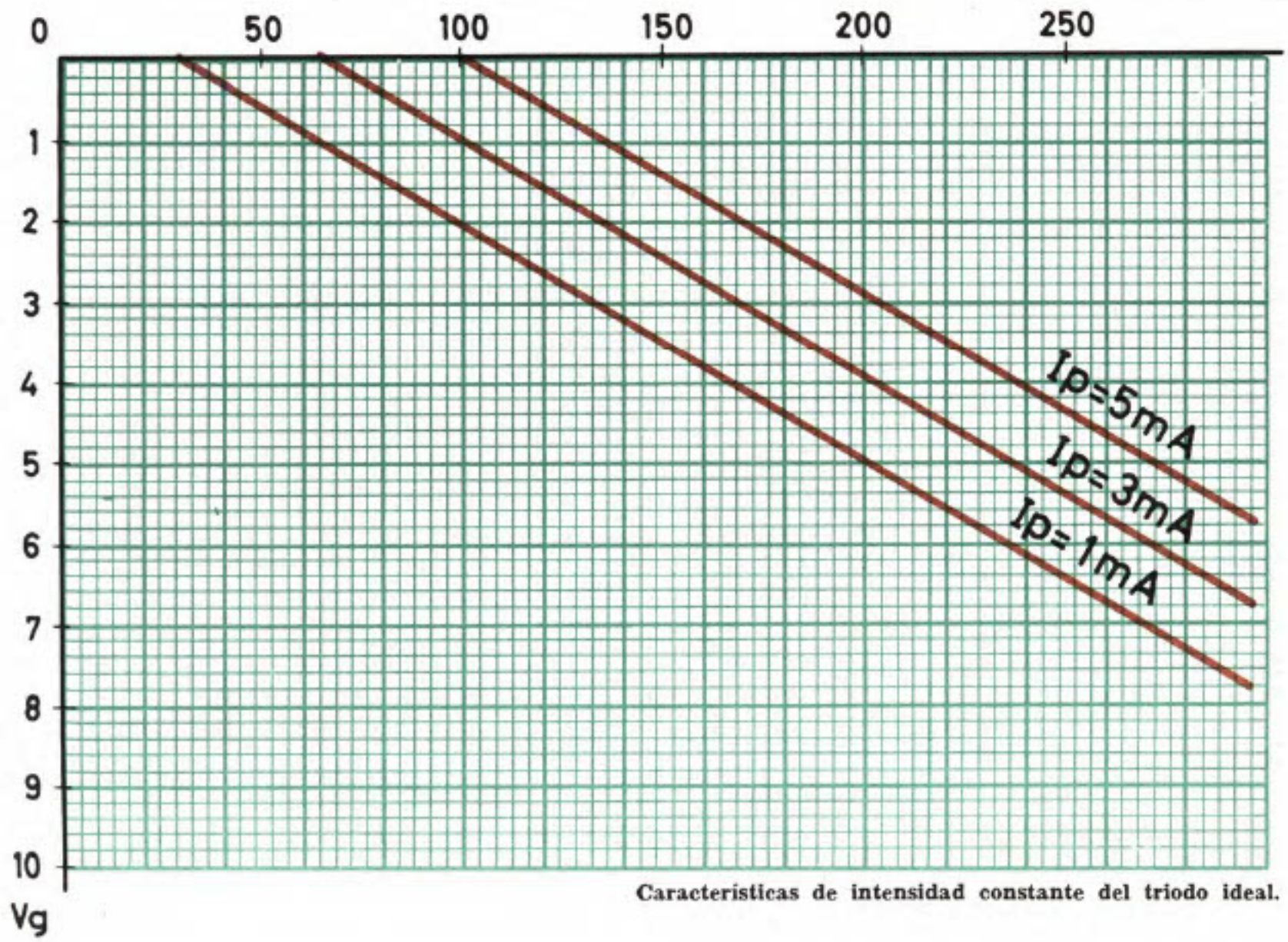
Llamaremos desde ahora *triodo ideal* a este triodo cuyas características hemos inventado. Las conclusiones a que lleguemos acerca de su funcionamiento son igualmente válidas para los triodos reales.



Características de rejilla del triodo ideal.



Características de placa del triodo ideal.



Características de intensidad constante del triodo ideal.

LAS CARACTERISTICAS DE REJILLA PUEDEN DEDUCIRSE DE LAS DE PLACA

Vamos a demostrar que a partir de las características de placa podemos deducir las de rejilla. Ello será posible si a partir de las características de placa del triodo podemos obtener la relación entre la tensión de rejilla y la intensidad de placa cuando se mantiene constante la tensión de placa.

Fijemos nuestra atención en la característica de rejilla para $V_p = 100$ V. Esta curva relaciona los valores de la tensión de rejilla (V_g) con los valores de la intensidad de placa, cuando la tensión de placa (V_p) se mantiene constantemente a 100 V.

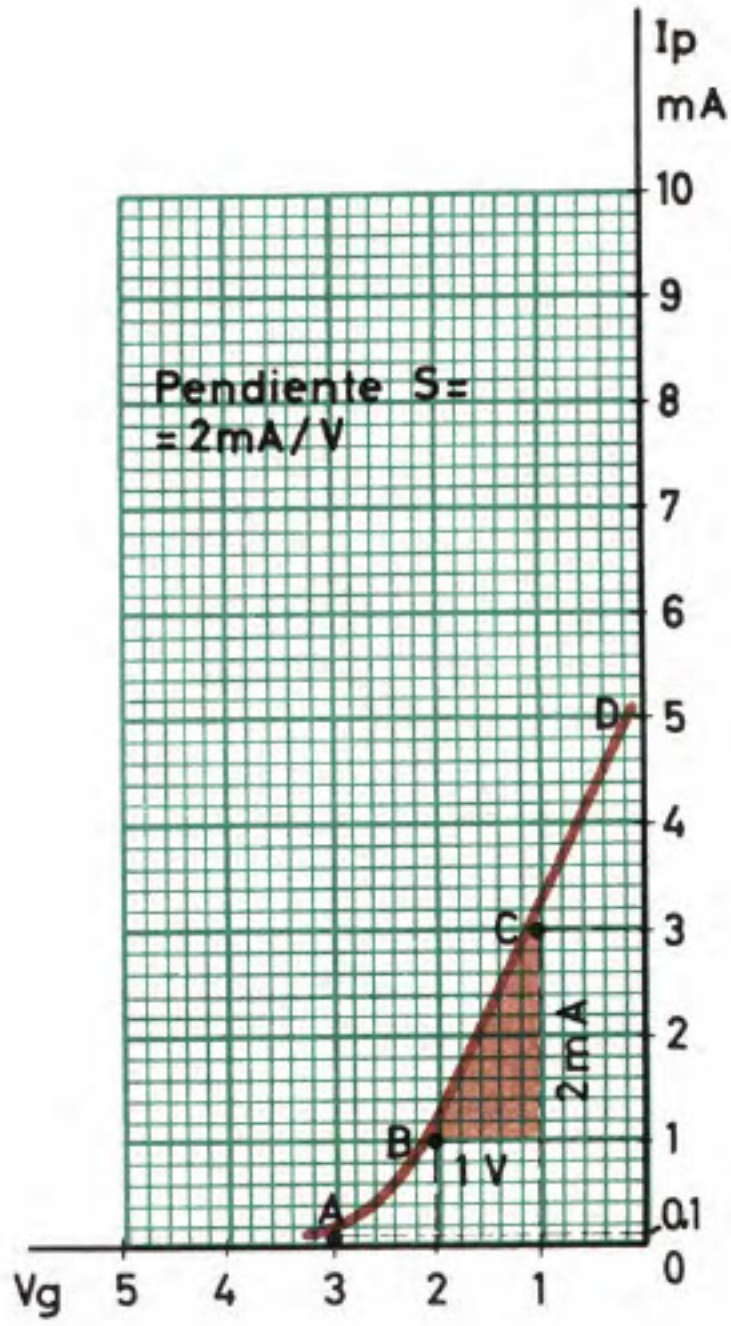
Si, por ejemplo, en esta característica señalamos los puntos A, B, C y D de la curva, trazando desde ellos las verticales al eje horizontal (V_g) y las correspondientes horizontales al eje vertical (I_p), deduciremos que cada uno de estos puntos relaciona el valor de V_g con el que le corresponde de I_p. La relación entre V_g e I_p, para los puntos A, B, C y D de la característica, es:

A { para $V_g = -3$ V; será $I_p = 0'1$ mA

B { para $V_g = -2$ V; será $I_p = 1$ mA

C { para $V_g = -1$ V; será $I_p = 3$ mA

D { para $V_g = 0$ V; será $I_p = 5$ mA



Caracteristica de rejilla del triodo ideal para $V_p = 100$ V. Sobre la característica de rejilla del triodo ideal, correspondiente a una $V_p = 100$ V, señalamos los puntos A, B, C y D de la curva, buscando la relación entre V_g e I_p para cada uno de ellos.

Pasemos ahora a las características de placa del mismo triodo ideal y recordemos que en estas curvas quedan relacionados los valores que debe adquirir I_p, ante un determinado valor de V_p, cuando la tensión de rejilla (V_g) es un valor constante. Así, en estas características, en un extremo de cada una aparece el valor de V_g al que pertenecen.

Hagamos lo siguiente: tracemos una vertical a partir del punto del eje horizontal perteneciente a $V_p = 100$ V. Cada vez que esta vertical corte una de las características de placa, tendremos un punto que relacionará la intensidad de placa I_p para cada valor de V_g mientras V_p se mantenga en 100 V.

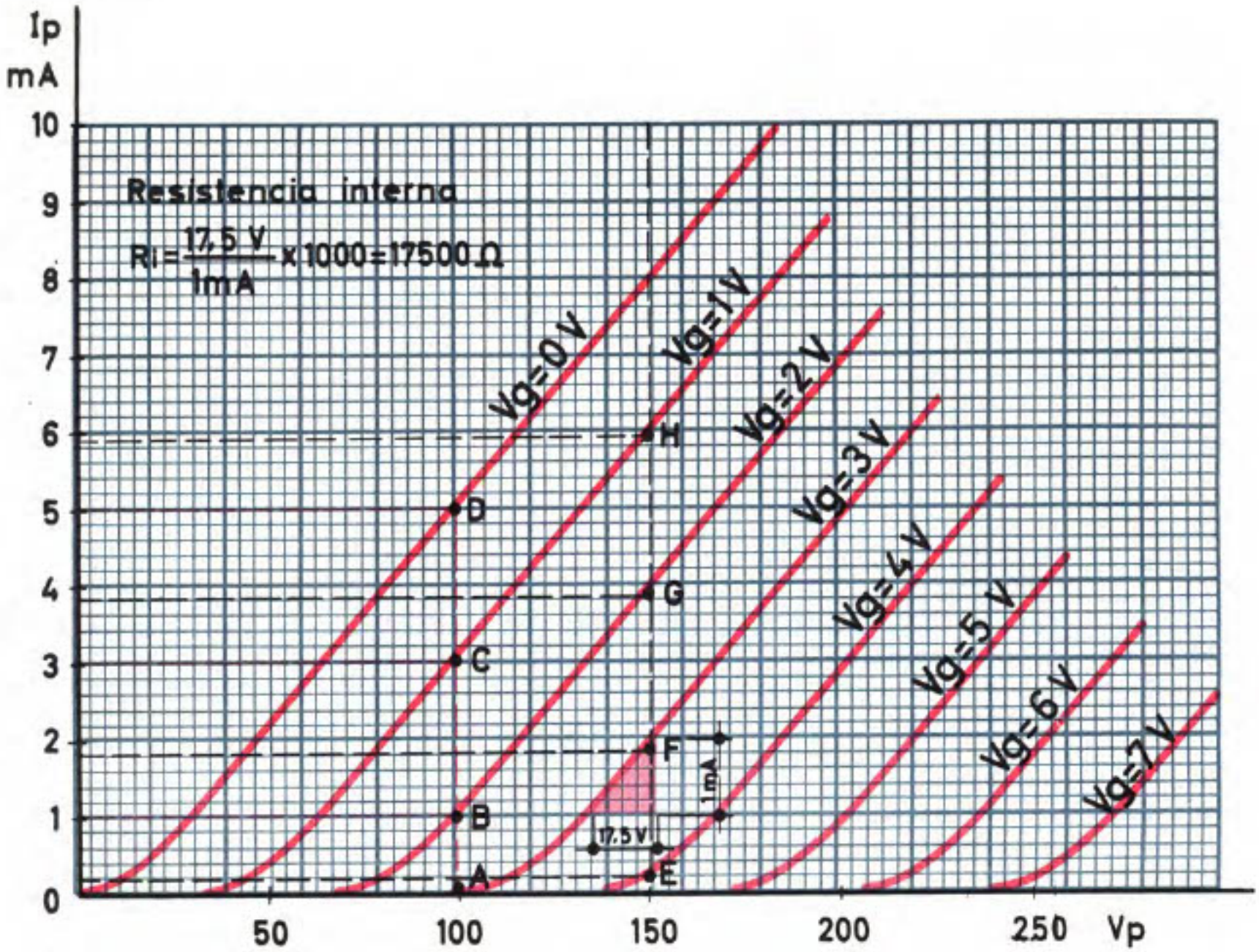
Así, el pùnto A corresponde a una $I_p = 0'1$ mA para $V_p = 100$ V cuando $V_g = -3$ V, puesto que A es un punto de la curva correspondiente a $V_g = -3$ V.

En el punto B quedan relacionados los valores $I_p = 1$ mA, $V_p = 100$ V, cuando $V_g = -2$ V.

El punto C corresponde a una $I_p = 3$ mA para $V_p = 100$ V si $V_g = -1$ V.

Finalmente, en el punto D se corresponden una $I_p = 5$ mA y una $V_g = 0$ V, siendo $V_p = 100$ V.

Vemos inmediatamente que en las características de placa podemos relacionar los valores de I_p con los de V_g para cada valor de V_p considerado.



Si en las características de placa del triodo ideal señalamos los puntos de cada curva que corresponden a una misma tensión de placa (V_p = 100 V en nuestro ejemplo), obtendremos la I_p que corresponde a cada tensión de rejilla considerada. Estos valores, claro, coincidirán con los que se deducen de la característica de rejilla para V_p = 100 V.

Está claro que los mismos datos que nos proporciona la característica de rejilla pueden obtenerse también partiendo de las características de placa. Luego: de las segundas podemos deducir la primera.

Por ejemplo

Supongamos que disponemos de las características de placa del triodo ideal y deseamos obtener la característica de rejilla para V_p = 150 V.

Haríamos lo siguiente:

Trazaríamos dos ejes coordenados, señalando en el eje vertical los valores de I_p, desde 0 mA, hasta un valor prudencial (10 mA, por ejemplo), empezando desde abajo y determinando qué distancia representará 1 mA de intensidad. Es muy práctico trabajar sobre papel milimetrado, ya que en él tenemos una cuadrícula donde quedan perfectamente indicados los centímetros y milímetros.

Lo mismo haríamos con el valor de V_g sobre el eje horizontal.

Supongamos que establecemos que, en nuestra gráfica, será 1 mA = 1 cm y 1 V = 1 cm.

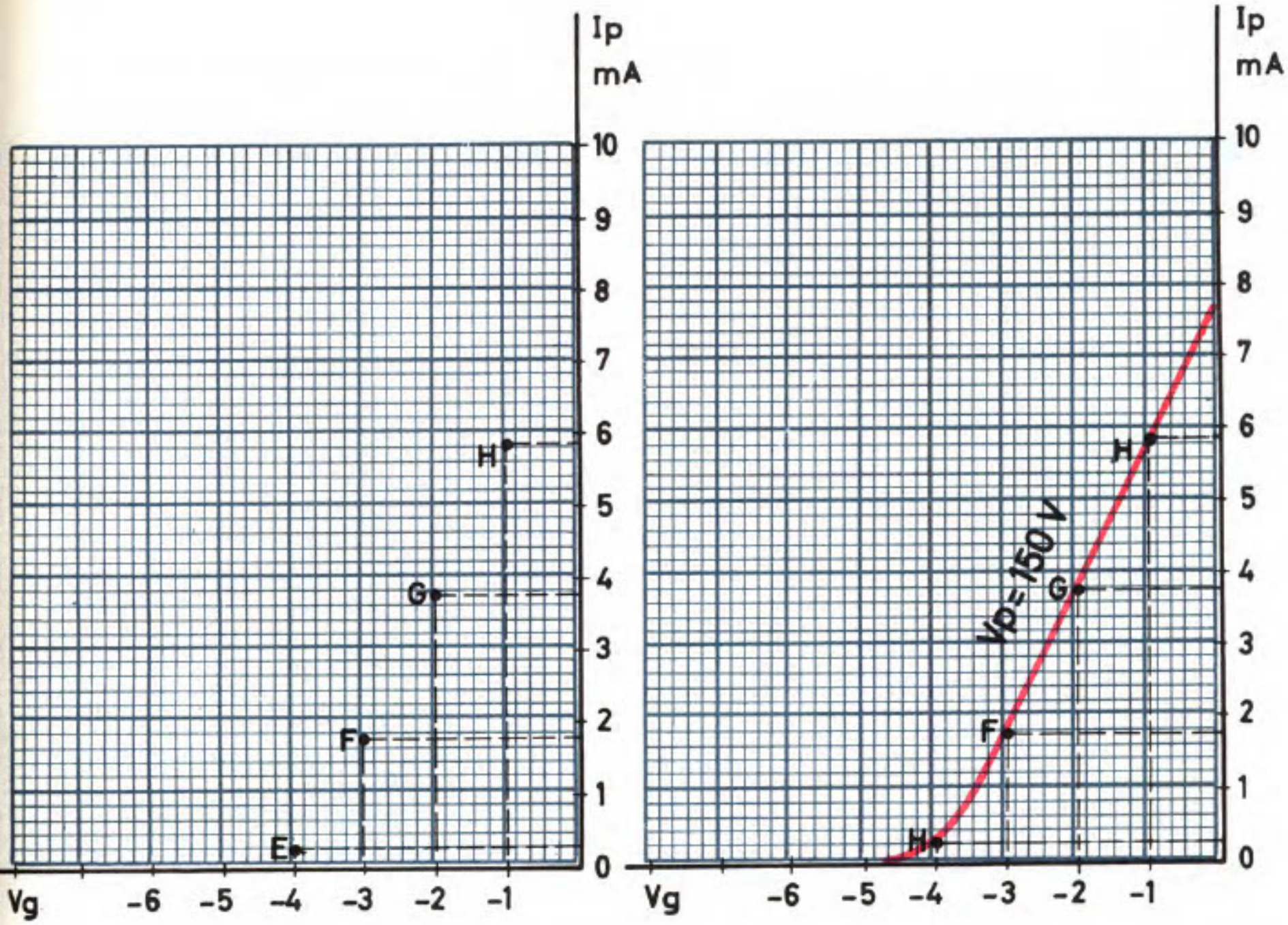
Tomando ahora las características de placa de que disponemos, levantamos una perpendicular sobre el punto correspondiente a V_p = 150 V. Esta perpendicular corta las características en los puntos E, F, G y H, en cada uno de los cuales tenemos un valor de I_p correspondiente a la V_g que corresponde a la característica.

Así:

En el punto H, para V_g = —1 V, I_p = 5'9 mA
En el punto G, para V_g = —2 V, I_p = 3'8 mA
En el punto F, para V_g = —3 V, I_p = 1'80 mA
En el punto E, para V_g = —4 V, I_p = 0'20 mA

Busquemos estas mismas relaciones sobre los ejes coordenados que hemos preparado, y obtendremos los puntos E, F, G y H, que indudablemente pertenecerán a la característica de rejilla del triodo ideal para V_p = 150 V.

Basta con trazar la curva que une estos puntos para tener solucionado el problema.



Sobre los ejes coordenados señalamos distintos valores de I_p y de V_g. De acuerdo con ellos, determinamos E, F, G y H según la relación entre I_p y V_g indicada por los mismos puntos en las características de placa. Uniendo estos puntos con una línea continua, obtendremos la característica de rejilla para $V_p = 150$ V.

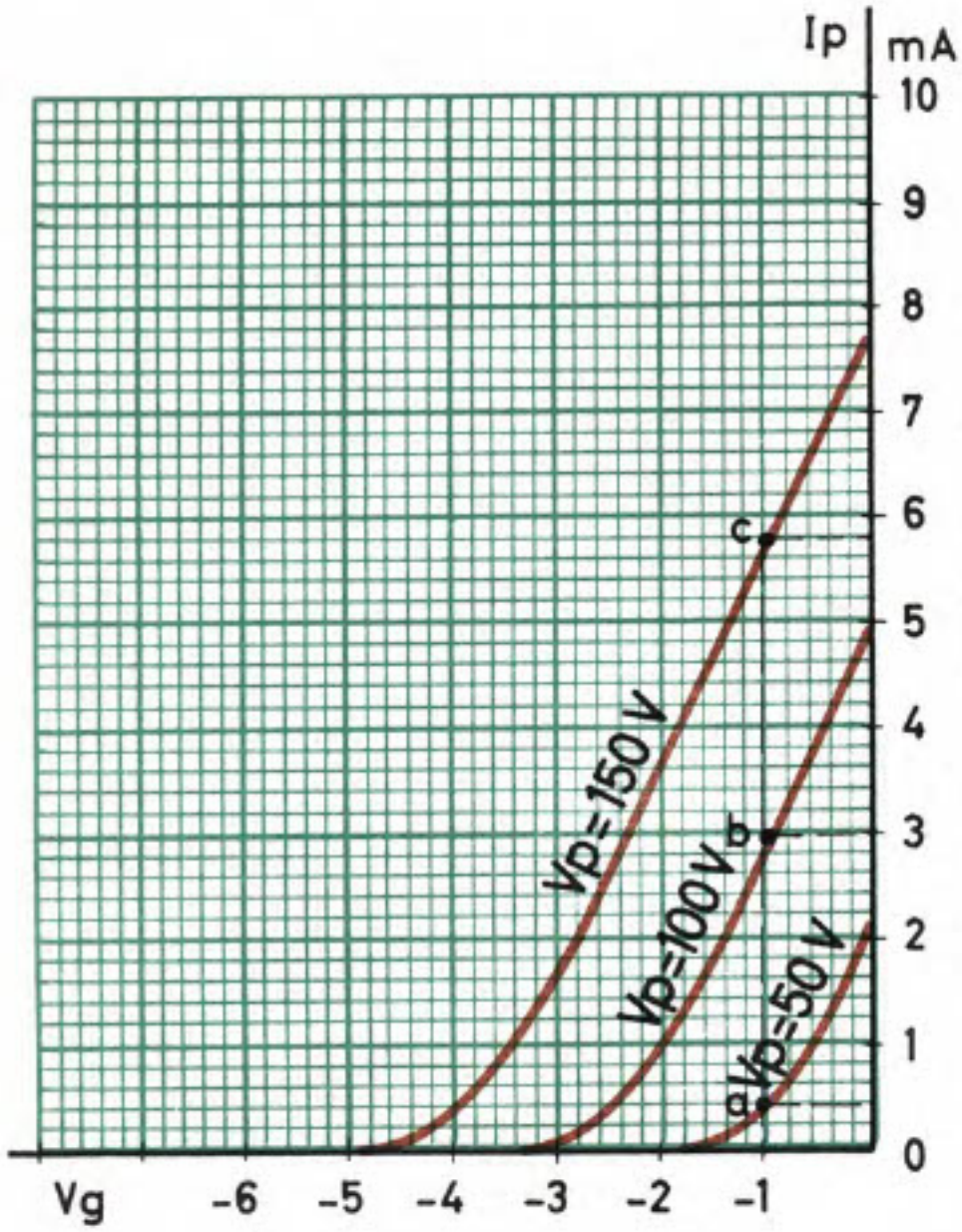
DEDUCCION DE LAS CARACTERISTICAS DE PLACA A PARTIR DE LAS DE REJILLA

Suponemos que no hace falta demostrar que si es posible la deducción anterior, también lo será la inversa. Es decir: será posible obtener las características de placa cuando disponemos de las de rejilla. La forma de operar será la misma, con la diferencia de que ahora debemos buscar en las características de rejilla la relación entre I_p y V_p para cada valor de V_g considerado.

Si la característica de placa que deseamos obtener es la que corresponde a una tensión de rejilla $V_g = -1$ V, en las características de rejilla levantaremos una perpendicular desde el punto del eje horizontal que corresponde a $V_g = -1$. Esta perpendicular cortará las distintas características en los puntos *a*, *b* y *c*.

En estos puntos tenemos la relación entre los valores de I_p y V_g para cada uno de los valores de V_p especificados en las curvas.

Así, sabemos que siendo $V_p = 50$ V, será $I_p = 0'4$ mA cuando $V_g = -1$ V (*a*).

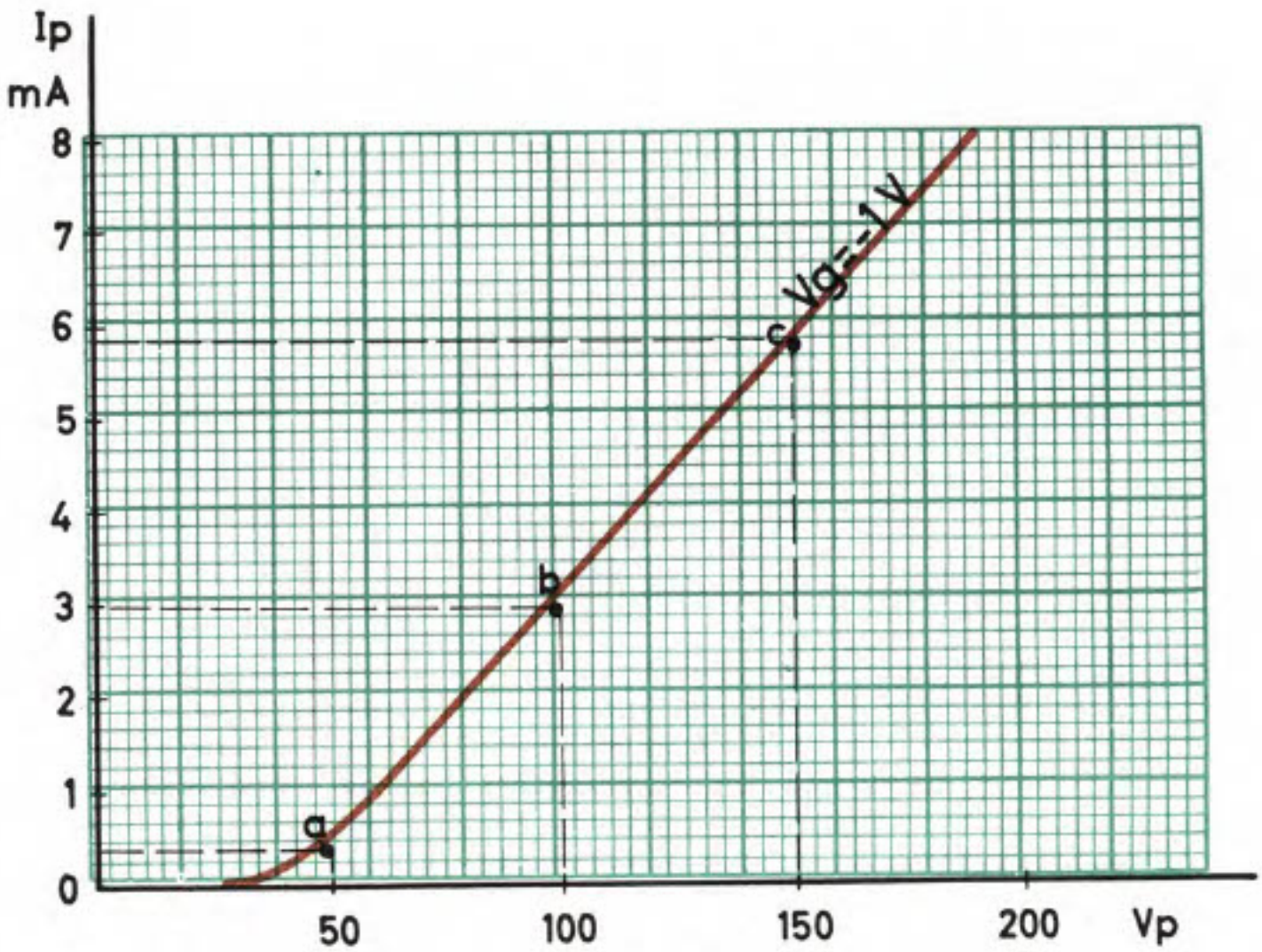


Cuando sea $V_p = 100$ V, será $I_p = 3$ mA siendo $V_g = -1$ V (*b*).

Siendo $V_p = 150$ V, será $I_p = 5'7$ mA si V_g sigue siendo igual a —1 V.

Si trasladamos *a*, *b* y *c* sobre unas coordenadas preparadas para trazar una característica de placa, tendremos tres puntos de la característica que corresponde a una $V_g = -1$ V.

En las características de rejilla obtendremos los puntos a, b, c, donde se relacionan los valores de I_p y V_g para $V_p = 50$ V, $V_p = 100$ V y $V_p = 150$ V.



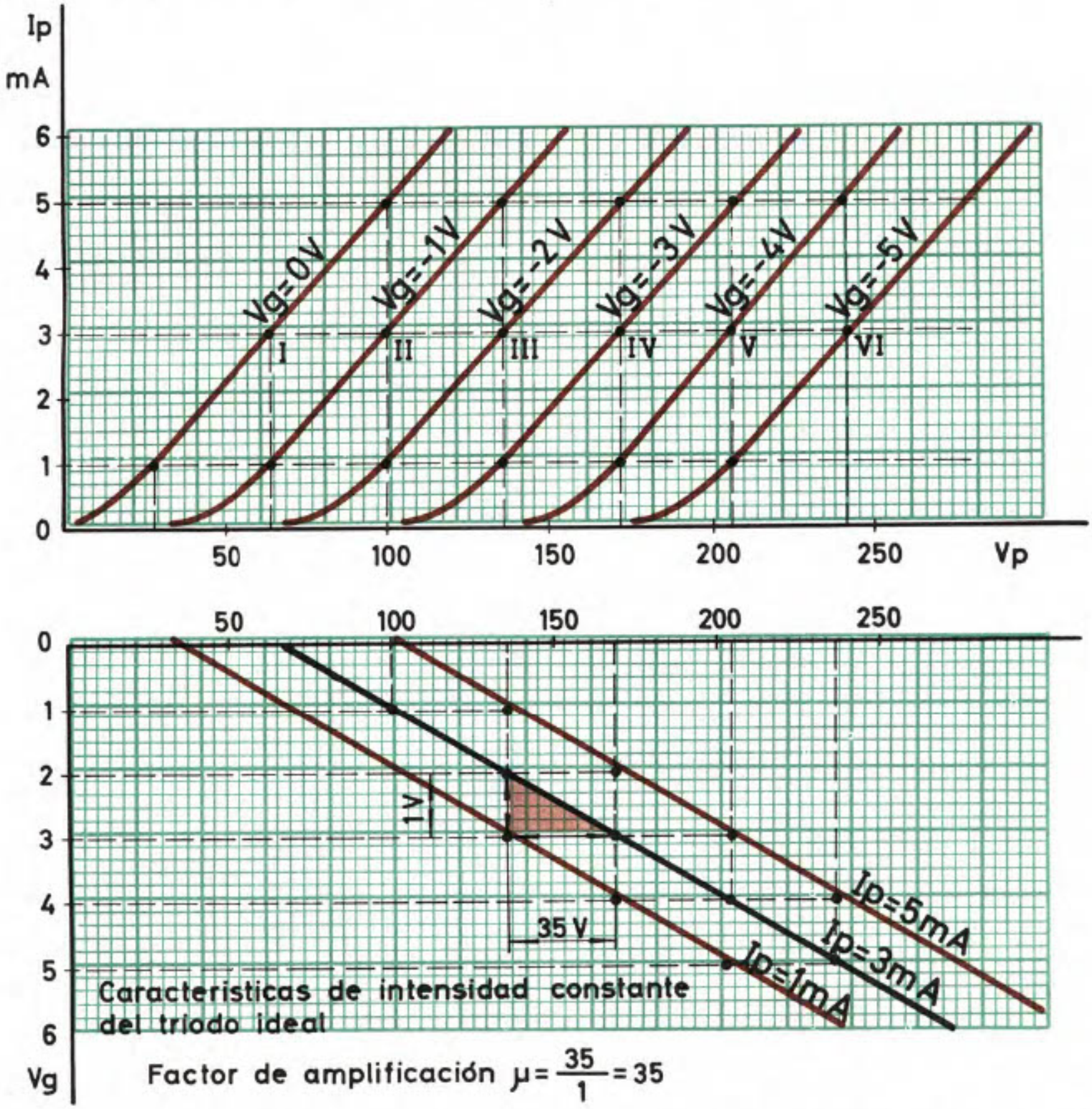
Situando a, b y c en el sistema coordenado de las características de placa, obtendremos la que corresponde a $V_g = -1$ V.

DEDUCCION DE LAS CARACTERISTICAS DE INTENSIDAD CONSTANTE

Aunque el interés de las características de intensidad constante es muy relativo, y aunque sean mucho menos utilizadas, creemos interesante completar este estudio sobre curvas características demostrando que también pueden deducirse, por ejemplo, de las características de placa.

Si, por ejemplo, queremos trazar la característica de intensidad constante para $I_p = 3$ mA, basta trazar, en la característica de placa, una horizontal al nivel correspondiente a esta intensidad de placa, recta que cortará las características de placa en sendos puntos (I, II, III, IV, V y VI en nuestro gráfico), en cada uno de los cuales se relacionan los valores de V_p y V_g cuando I_p permanece con un valor constante de 3 mA.

Situando los mismos puntos sobre las coordenadas correspondientes a las características de intensidad constante, habremos determinado la que nos interesaba conocer; es decir, la que corresponde a $I_p = 3$ mA.



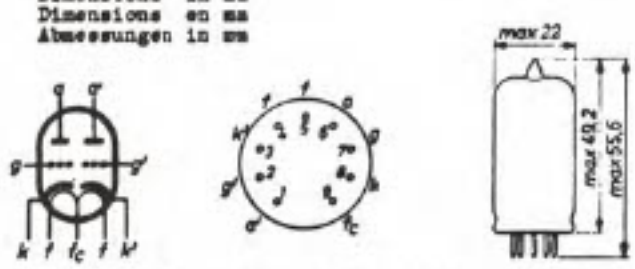
Sobre las características de placa relacionamos V_p y V_g para un valor constante de I_p ($I_p = 3$, $I_p = 1$, $I_p = 5$, etc.).

H.F. DOUBLE TRIODE for use as oscillator, mixer or amplifier in television receivers
DOUBLE TRIODE H.F. pour utilisation en oscillatrice, mélangeuse ou amplificatrice dans des récepteurs de télévision
HF-DOPPELTRIODE zur Verwendung als Oszillator, Mischröhre oder Verstärker in Fernsehempfängern

Heating : indirect by A.C. or D.C.; series or parallel supply
Chauffage: indirect par C.A. ou C.C.; alimentation parallèle ou série
Heizung : indirekt durch Wechsel- oder Gleichstrom; Serien- oder Parallelspeisung

V_f	= 6,3 V	V_f	= 12,6 V
I_f	= 300 mA[1])	I_f	= 150 mA[1])
Pins Broches Stifte	9-(4+5)	Pins Broches Stifte	4-5

Dimensions in mm
Dimensions en mm
Abmessungen in mm



Base, culot, Sockel: Noval

[1]) In case of series supply a current-limiting device must be inserted in the heater circuit for limiting the current when switching on.
En cas d'alimentation en série il faut utiliser un limiteur de courant pour limiter le courant près de la mise en circuit.
Bei Serienspeisung muss ein Strombegrenzer verwendet werden, damit der Heizstrom beim Einschalten begrenzt wird.

Capacitances
Capacités
Kapazitäten

C_g	= 2,3 pF	$C_{g'}$	= 2,3 pF
C_a	= 0,45 pF	$C_{a'}$	= 0,35 pF
C_{ag}	= 1,6 pF	$C_{a'g'}$	= 1,6 pF
C_{ak}	= 0,20 pF	$C_{a'k'}$	= 0,20 pF
C_{kf}	= 2,5 pF	$C_{k'f}$	= 2,5 pF
$C_{k/g+f}$	= 4,7 pF	$C_{k'/g'+f}$	= 4,7 pF
$C_{a/g+f}$	= 1,9 pF	$C_{a'/g'+f}$	= 1,8 pF
C_{gf}	< 0,17 pF	$C_{g'f}$	< 0,17 pF

$C_{aa'}$ < 0,4 pF
$C_{gg'}$ < 0,005 pF
$C_{ag'}$ < 0,07 pF
$C_{a'g}$ < 0,04 pF

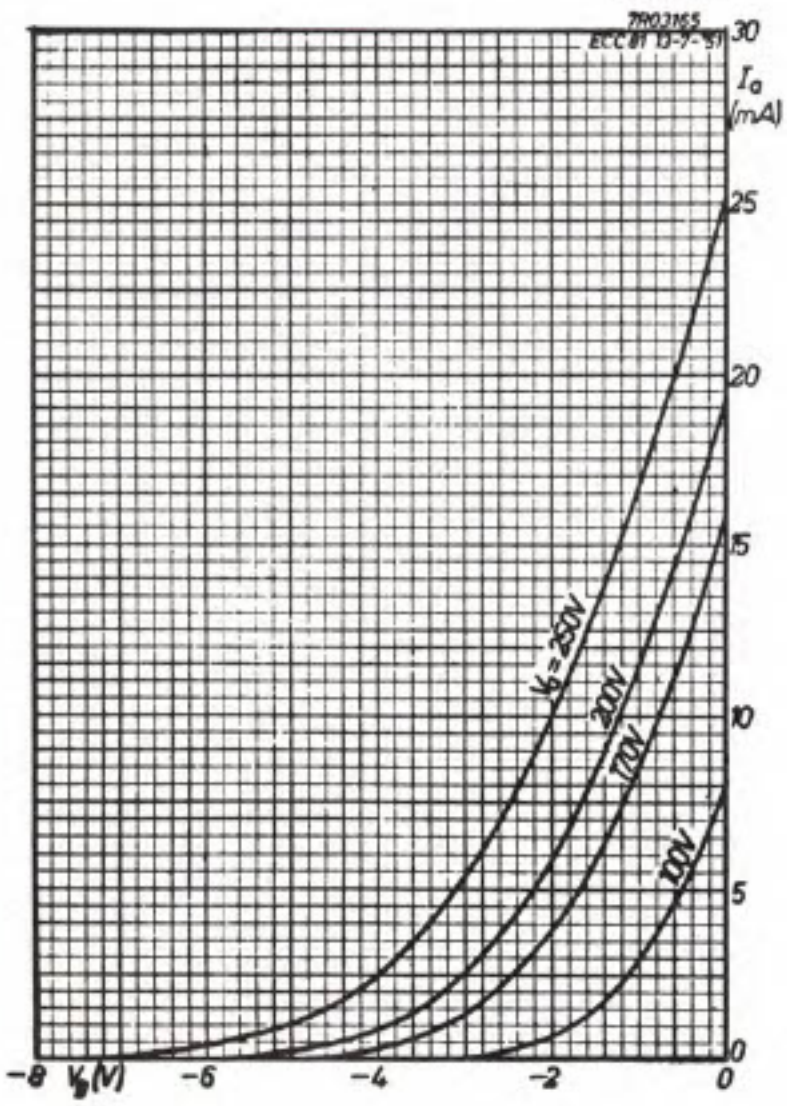
Typical characteristics
Caractéristiques types
Kenndaten

V_b	=	100	170	200	250	V
V_g	=	-1,0	-1,0	-1,0	-2,0	V
I_a	=	3,0	8,5	11,5	10	mA
S	=	3,75	5,9	6,7	5,5	mA/V
μ	=	62	66	70	60	
R_i	=	16,5	11	10,5	11	kΩ

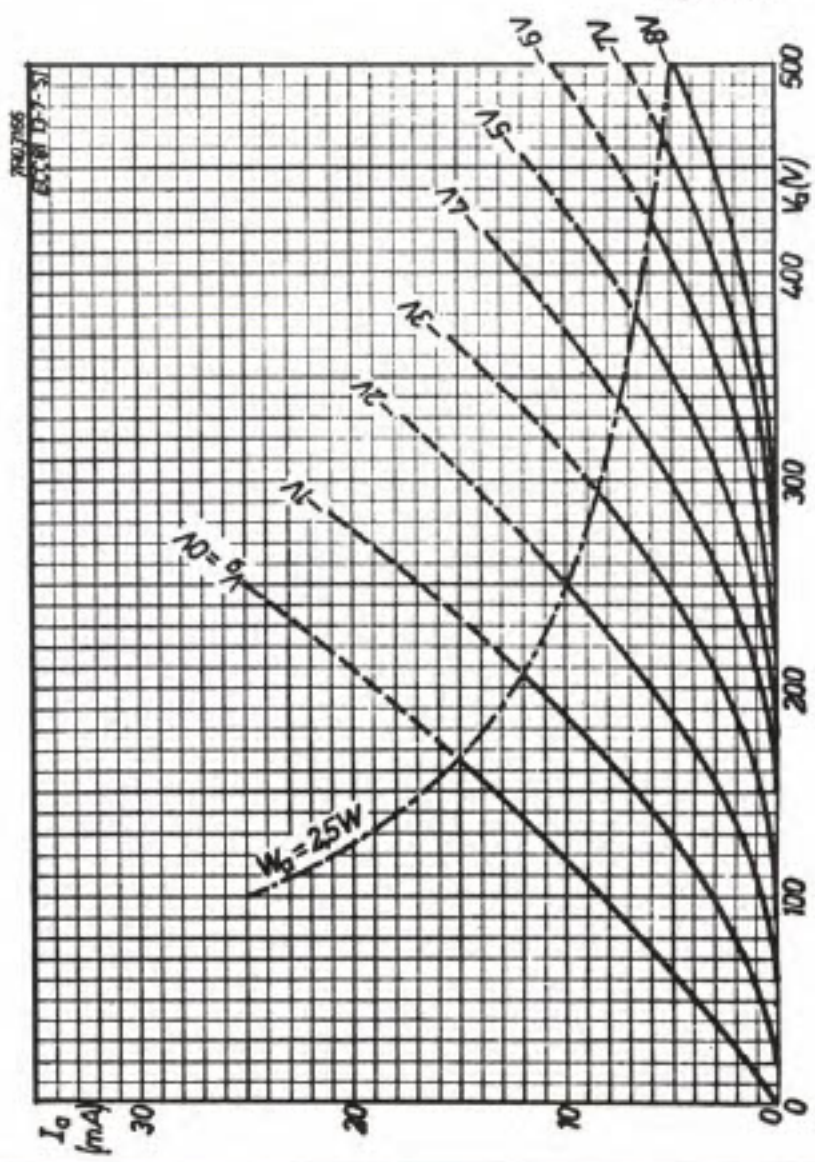
Limiting values (each section)
Caractéristiques limites (par système)
Grenzdaten (pro System)

V_{ao}	= max.	550 V
V_a	= max.	300 V
W_a	= max.	2,5 W
I_k	= max.	15 mA
$-V_g$	= max.	50 V
R_g	= max.	1 MΩ[1])
V_g (I_g = +0,3 μA)	= max.	-1,3 V
V_{kf}	= max.	90 V
R_{kf}	= max.	20 kΩ

[1]) With automatic grid bias
Avec polarisation de grille automatique
Mit automatischer Gitterverspannung



6.6.1951 A



Por el mismo sistema podremos trazar las que corresponden a $I_p = 1$ mA, a $I_p = 5$ mA, etc.

Creemos que con lo que llevamos dicho ha quedado suficientemente demostrado que basta con conocer un tipo de curvas (las características de placa, por ejemplo) para deducir las propiedades de un triodo.

Se comprende que estas propiedades podrán deducirse con tanta mayor exactitud cuanto mayor sea el número de características de placa conocidas (si partimos de ellas, claro), y que de esta forma las horizontales y verticales con que deducimos las características de rejilla y de intensidad constante nos proporcionará un mayor número de puntos de referencia al cortar más curvas características. Por eso es conveniente que la red de características de placa de un determinado triodo sea lo más tupida posible.

De acuerdo con esta idea, hubiera sido mejor que en las características de nuestro triodo ideal no sólo se trazasen las características de placa para $V_g = 0$, $V_g = -1$, $V_g = -2$, $V_g = -3$... etc., sino también las que corresponden a valores intermedios ($V_g = -0'5$, $V_g = -1'5$, etc.). No lo hemos hecho para no restar claridad a los dibujos.

Se comprende que si con un solo tipo de características podemos deducir las demás, las tablas de características de las válvulas comerciales detallen preferentemente las de placa, que son las más empleadas, y las de rejilla en algunos casos. En cambio, casi nunca encontraremos las características de intensidad constante, por otra parte, fáciles de deducir.

Para ilustrar lo anterior, reproducimos una página de un manual Philips de válvulas electrónicas donde aparecen los datos y curvas del doble triodo ECC81 tal y como acostumbran proporcionarlos los fabricantes.

VALORES DE LA RESISTENCIA INTERNA, PENDIENTE Y FACTOR DE AMPLIFICACION DEL TRIODO IDEAL

Estos valores se deducen directamente de las características. Basta tener presente la definición de R_p, S y μ para llegar a las siguientes conclusiones:

En las características de placa vemos que para variar en 1 mA el valor de la intensidad de placa, manteniendo constante V_g, es preciso que V_p varíe 17'5 V. Por tanto, recordando lo dicho en la lección octava, la resistencia interna del triodo ideal es:

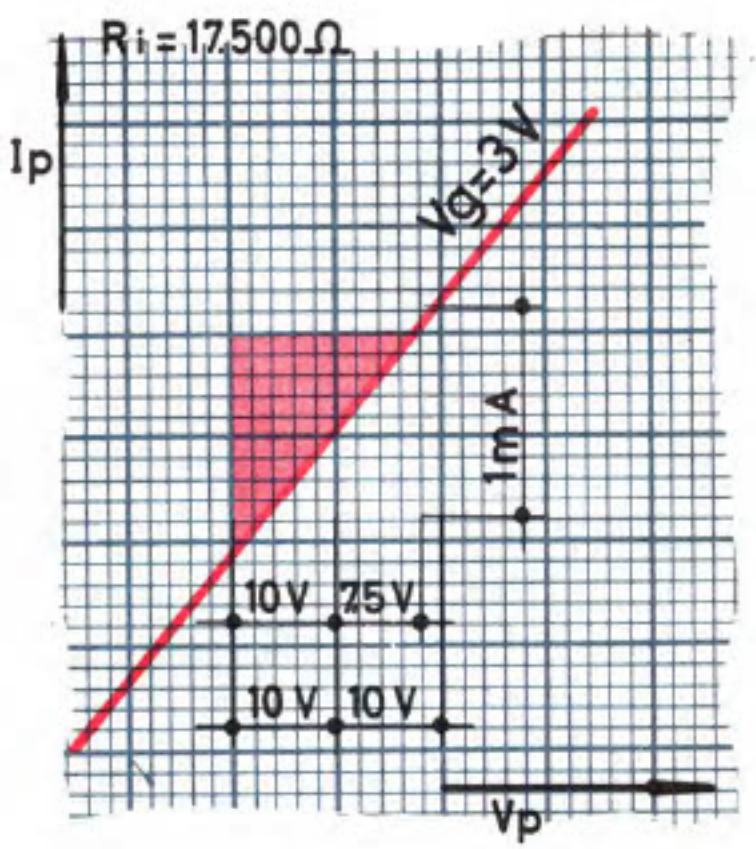
$$R_p = \frac{17'5 \text{ V}}{1 \text{ mA}}, \text{ o bien } R_i = \frac{17'5}{1} 1000 = 17.500\ \Omega$$

Si no analizamos las características de placa, sino las de rejilla, se advierte que al variar la tensión de rejilla en 1 V (de —1 V a —2 V, por ejemplo) la intensidad de placa varía en 2 mA (de 3 mA a 1 mA), suponiendo, claro, que no haya variado la tensión de placa V_p.

En consecuencia, la pendiente del triodo, o sea la relación entre la variación de I_p para la variación de V_g, será:

$$S = \frac{2 \text{ mA}}{1 \text{ V}} = 2 \text{ mA/V}$$

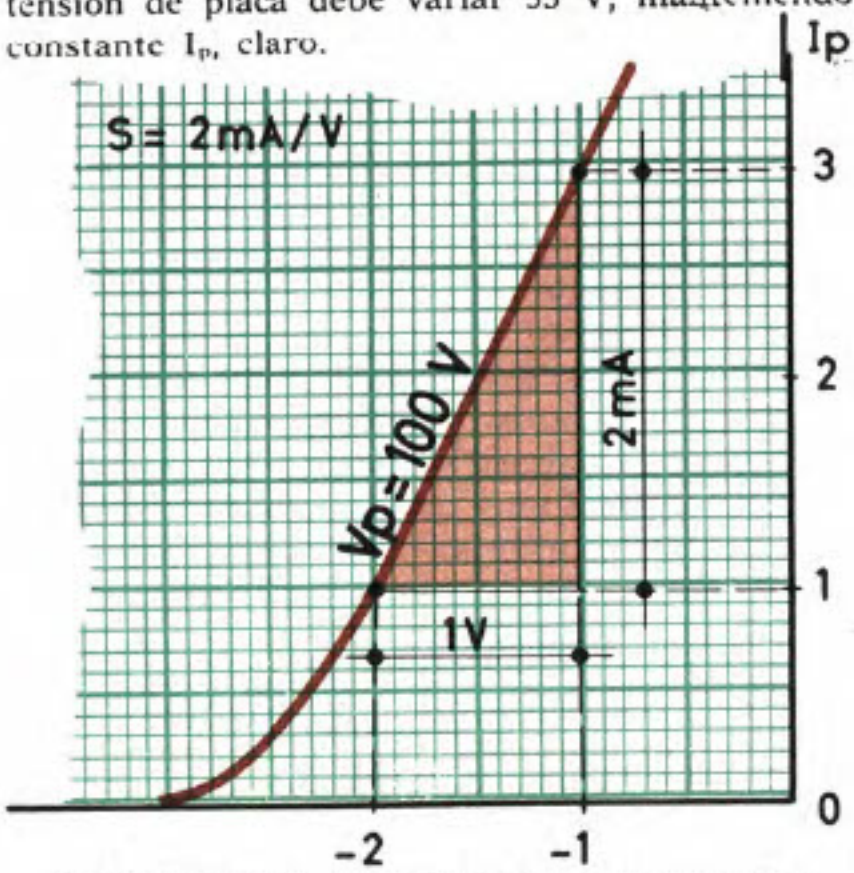
Por último, de las características de intensidad constante deducimos que el factor de amplificación μ es:



Fragmento de la característica de placa del triodo ideal para $V_g = -3$ V, demostrando que para variar I_p en 1 mA, V_p variará 17'5 V.

$$\mu = \frac{35\ V}{1\ V} = 35$$

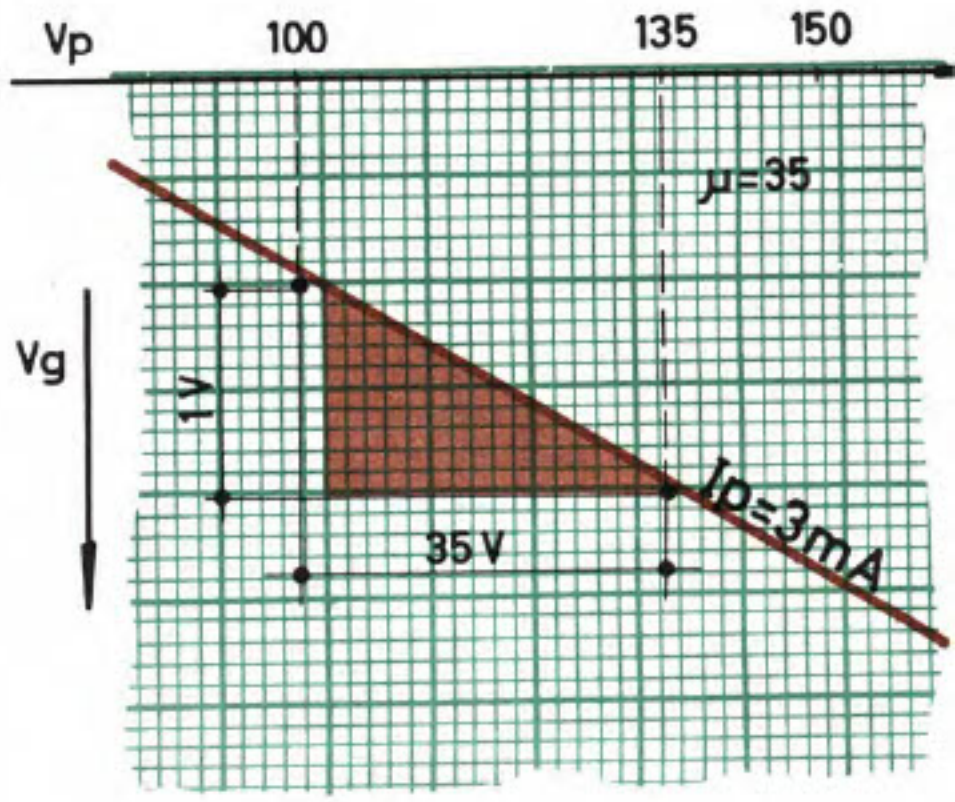
Observe en estas características cómo, en efecto, para que la tensión de rejilla varíe en 1 V la tensión de placa debe variar 35 V, manteniendo constante I_p, claro.



1) **Fragmento de la característica de rejilla para V_p = 100 V, donde se demuestra que S = 2 mA V.**

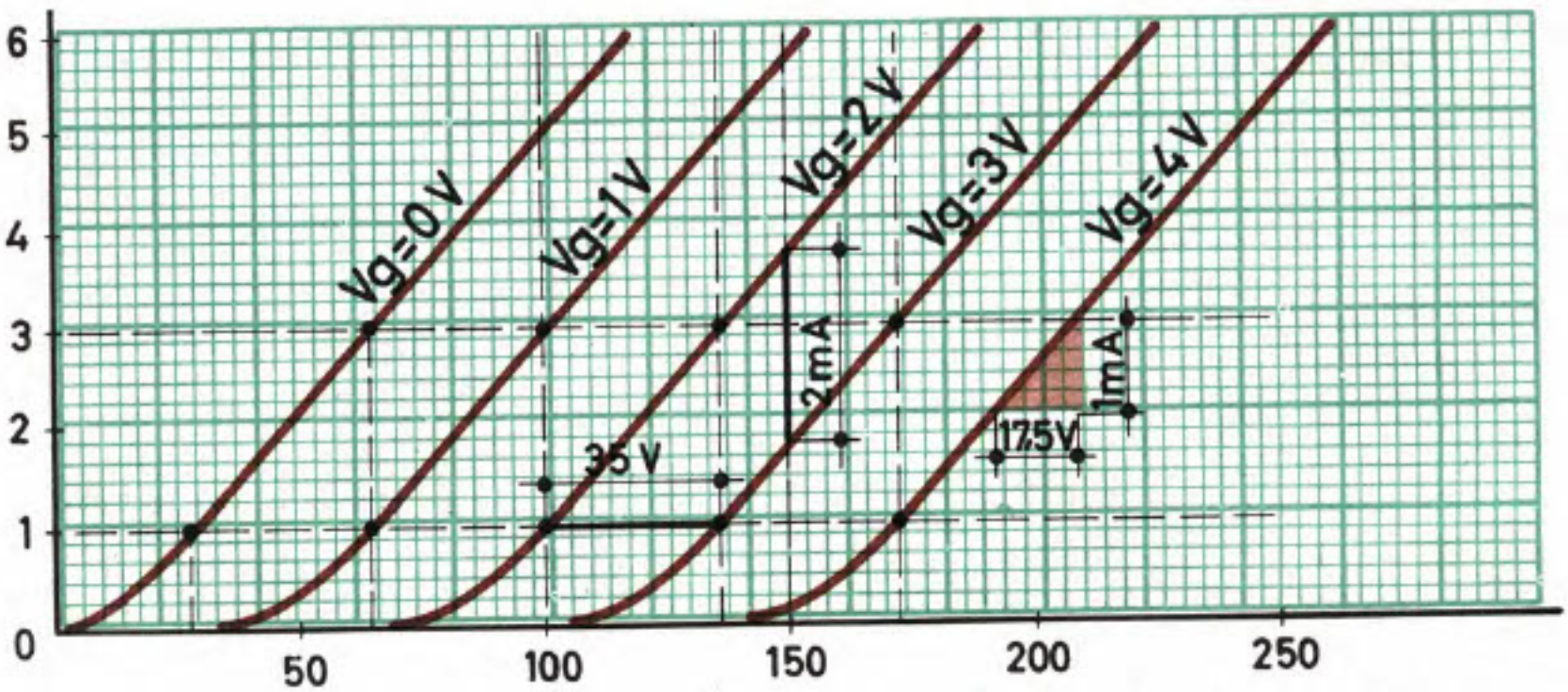
Cada uno de estos parámetros (magnitudes características) se ha medido sobre la curva característica más idónea para ello. Sobre las características de placa hemos medido R_p; sobre las de rejilla, la pendiente S; y sobre las de intensidad constante, μ o factor de amplificación.

Sin embargo, es posible obtener R_p, S y μ a partir de un solo tipo de características, que normalmente son las de placa.



2) **Fragmento de la característica de intensidad constante para I_p = 3 mA, donde se demuestra que μ = 35.**

En las del triodo ideal es fácil ver cómo, trazando una horizontal al nivel de 1 mA en la corriente de placa, desde el punto de intersección con la curva correspondiente a $V_g = -2$ V a la que corresponde a $V_g = -3$ V (variación de 1 V en la tensión de rejilla) hay una distancia que corresponde a una variación de 35 V en la tensión



En estas características de placa se demuestra la forma de obtener el valor de R_p, S y μ.

de placa. Es decir: manteniendo $I_p = 1$ mA, cuando la tensión de placa varía de 100 V a 135 V, la tensión de rejilla habrá variado de —2 V a —3 V. Luego, $\mu = 35$, como antes hemos visto.

Cuando queramos buscar la pendiente, bastará con trazar una vertical desde un punto de V_p (150 V, por ejemplo) y ver la variación de I_p, entre la curva correspondiente a $V_g = -3$ V y la inmediata superior ($V_g = -2$ V). En el gráfico apreciamos que esta variación de I_p es de 2 mA.

De nuevo ha quedado patente que basta con disponer de unas características para conocer las demás.

Repetimos que las más utilizadas son las características de placa, aunque para ciertos cálculos es más cómodo trabajar con las de rejilla, que es lo que hemos hecho cuando en la lección anterior estudiábamos el amplificador de intensidad. Sólo en casos muy raros se emplean características de corriente constante.

SOLUCION GRAFICA AL PROBLEMA DE LOS DIVISORES DE TENSION

Si los bornes de una batería se unen a los extremos de un sistema de dos o más resistencias en serie, la tensión, según vimos en la lección 9, se reparte o divide entre ellas, de modo que entre los extremos de cada una podemos medir una d.d.p. proporcional a su valor óhmico.

Debido a este fenómeno, al conjunto formado por dos o más resistencias en serie se le llama DIVISOR DE TENSIÓN.

La solución numérica del problema que representa calcular la d.d.p. existente entre los extremos de cada una de s resistencias del divisor fue estudiada en la lección 9, a la que remitimos al lector.

Aquí, como ejemplo, resolveremos el cálculo para un divisor de tensión formado por dos resistencias de 10.000 Ω y 17.500 Ω respectivamente conectadas a una batería de 100 V. Lo que pretendemos es llegar a unos resultados para luego comprobar cómo mediante un sistema gráfico obtenemos una solución idéntica del problema.

Ante todo, debemos saber cuál es la intensidad a través del circuito. Teniendo en cuenta que la resistencia total es

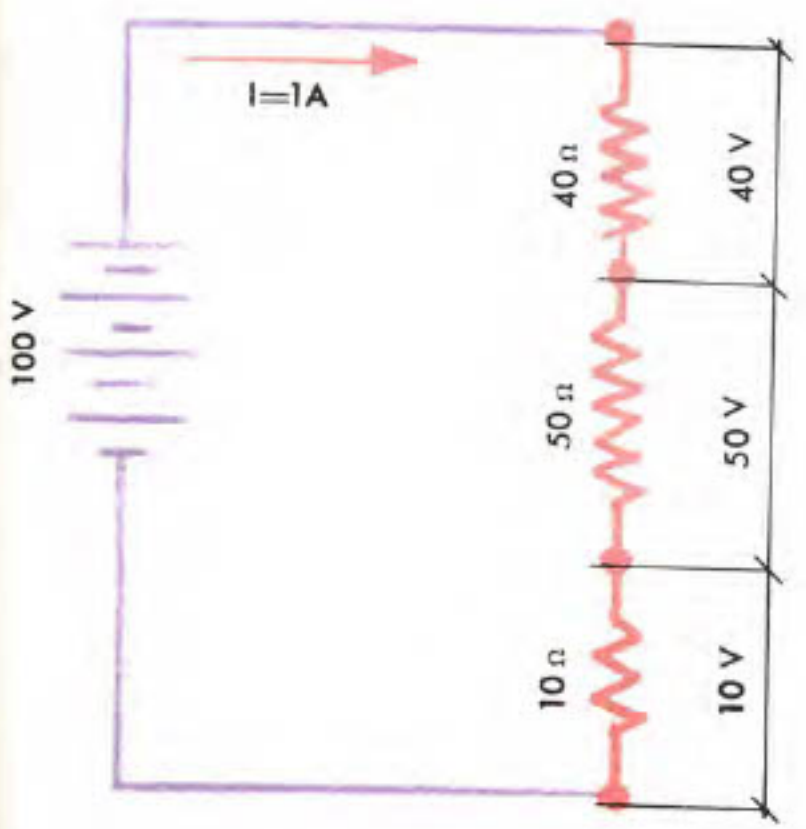
$$R = 10.000\ \Omega + 17.500\ \Omega = 27.500\ \Omega$$

la intensidad, según la ley de Ohm, debe ser de

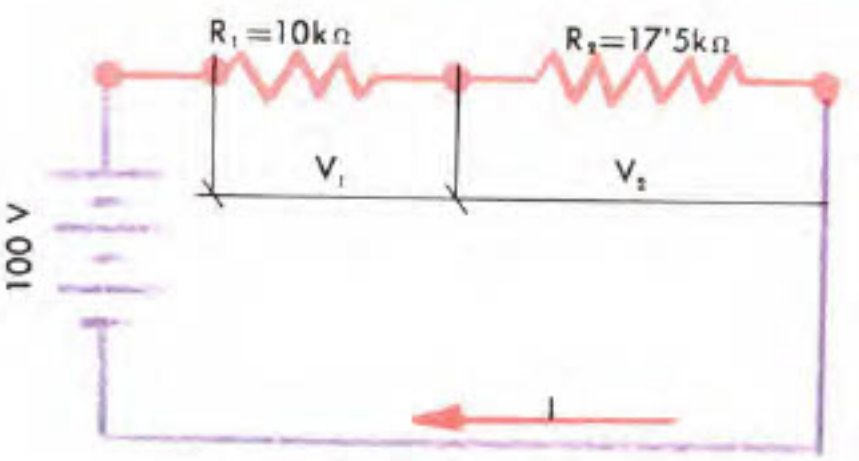
$$I = \frac{100}{27.500} = 0'00363\ \text{A} = 3'63\ \text{mA}$$

De ahí resulta que en los extremos de la resistencia de 10 KΩ la d.d.p. será:

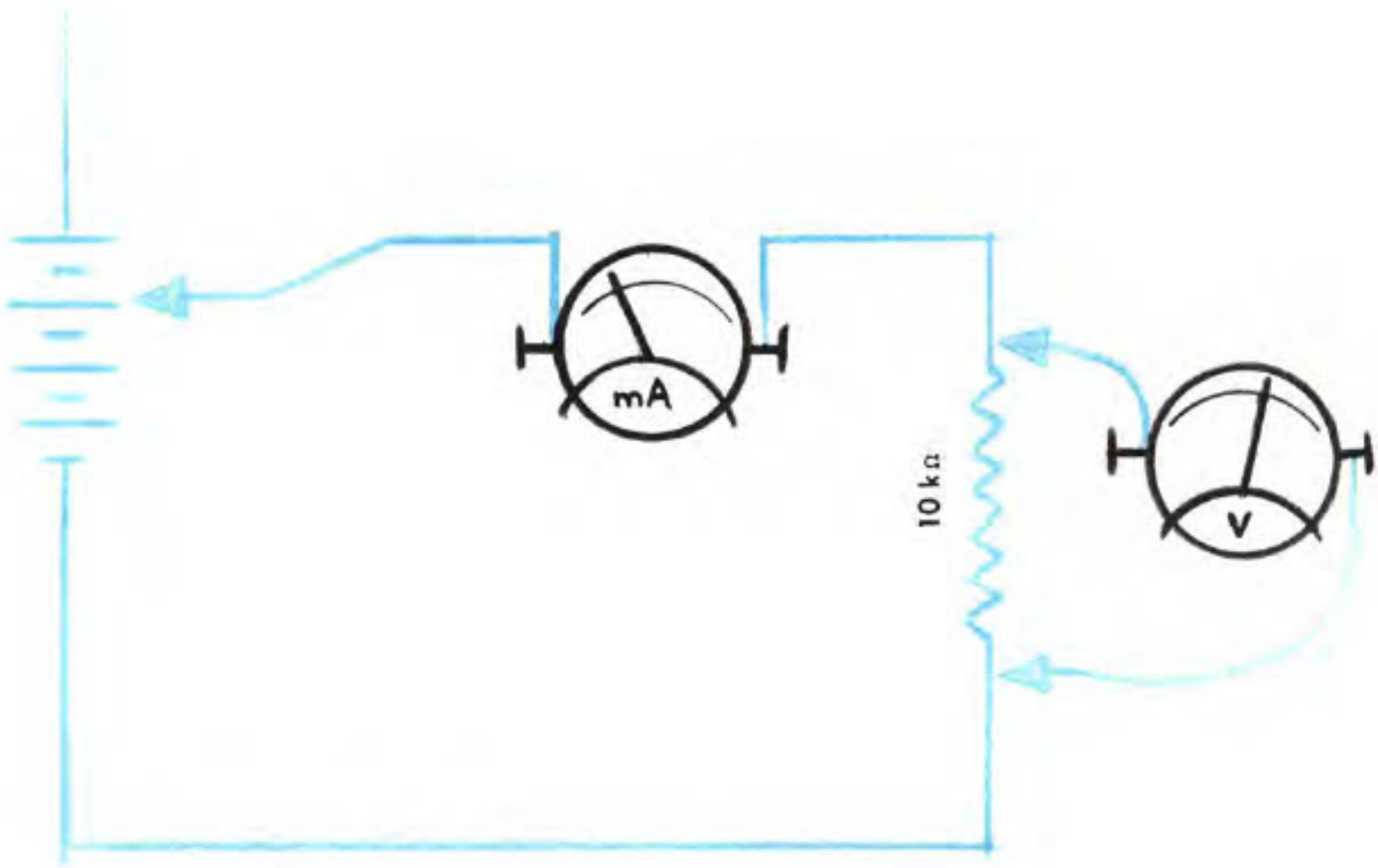
$$V_1 = 10.000 \times 0'00363 = 36'3\ \text{V (aproximadamente)}$$



La tensión se reparte proporcionalmente al valor de la resistencia.



Este es el divisor de tensión que vamos a calcular.



Dispositivo que permite relacionar los valores de la intensidad con los que adquiere la d.d.p. en los extremos de la resistencia.

En los extremos de la resistencia de 17'5 KΩ habrá una d.d.p. de:

$V_2 = 17.500 \times 0'00363 = 63'5$ V (aproximadamente)

Sabiendo que $V_1 + V_2 = 100$, también podíamos calcular V_2 restando V_1 de 100

$$V_2 = 100 - V_1 = 100 - 36'3 = 63'7 \text{ V}$$
(aproximadamente)

Todo esto sabemos hacerlo. Por ello, no es la solución aritmética lo que ahora nos importa, sino demostrar que este mismo problema puede solucionarse por medio de un sistema gráfico muy sencillo e interesante.

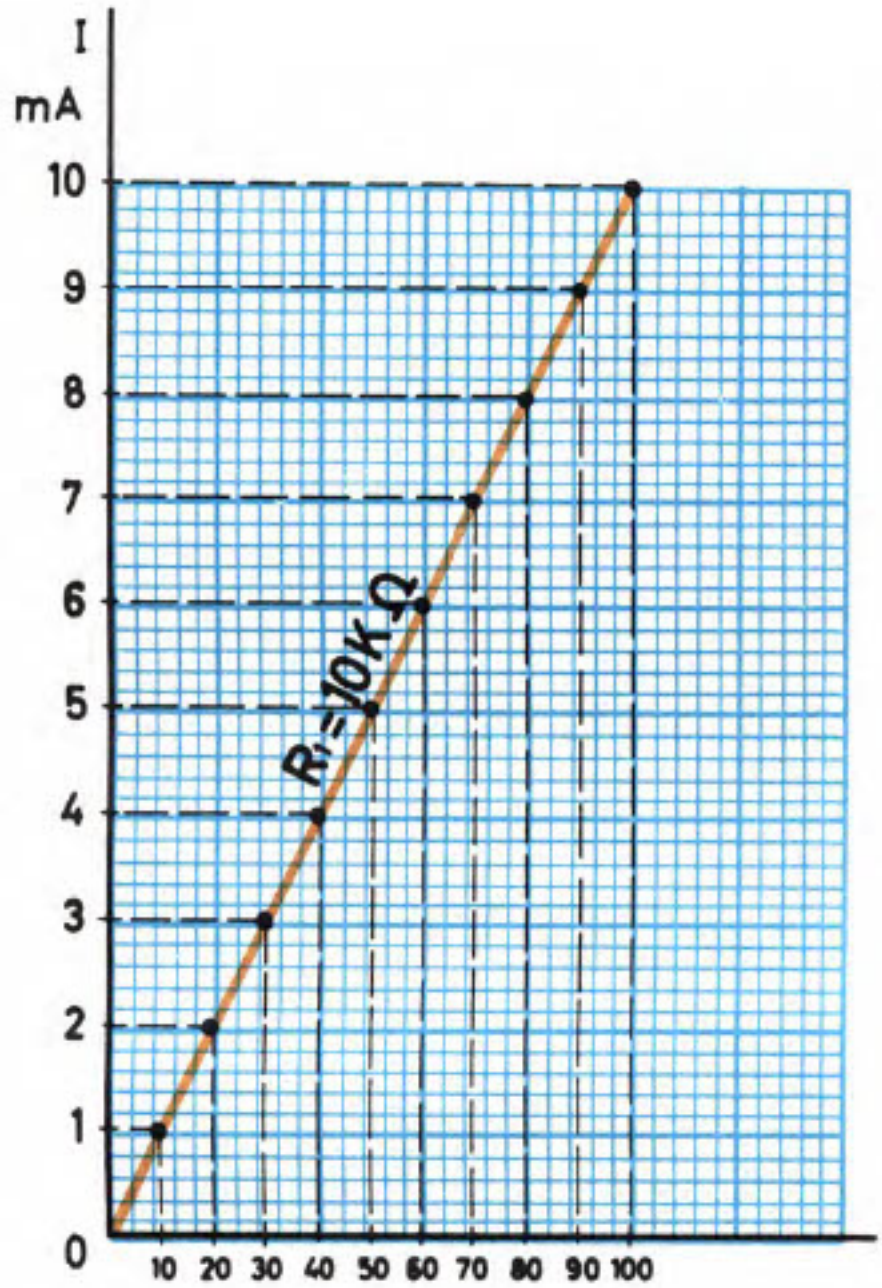
Mas para comprender este sistema de cálculo deberemos dar un rodeo, viendo ante todo cuál es la relación entre la tensión y la intensidad en una resistencia. Para comprenderlo mejor podemos suponer que hemos montado un dispositivo similar al que nos sirvió para trazar la característica de placa del triodo. ¿Recuerda el dispositivo?

A medida que varíe la tensión aplicada a la resistencia (registrada por el voltímetro conectado a sus extremos), variará también la intensidad que pasa por el circuito, cuyo valor podremos medir en el miliamperímetro intercalado entre la batería y la resistencia.

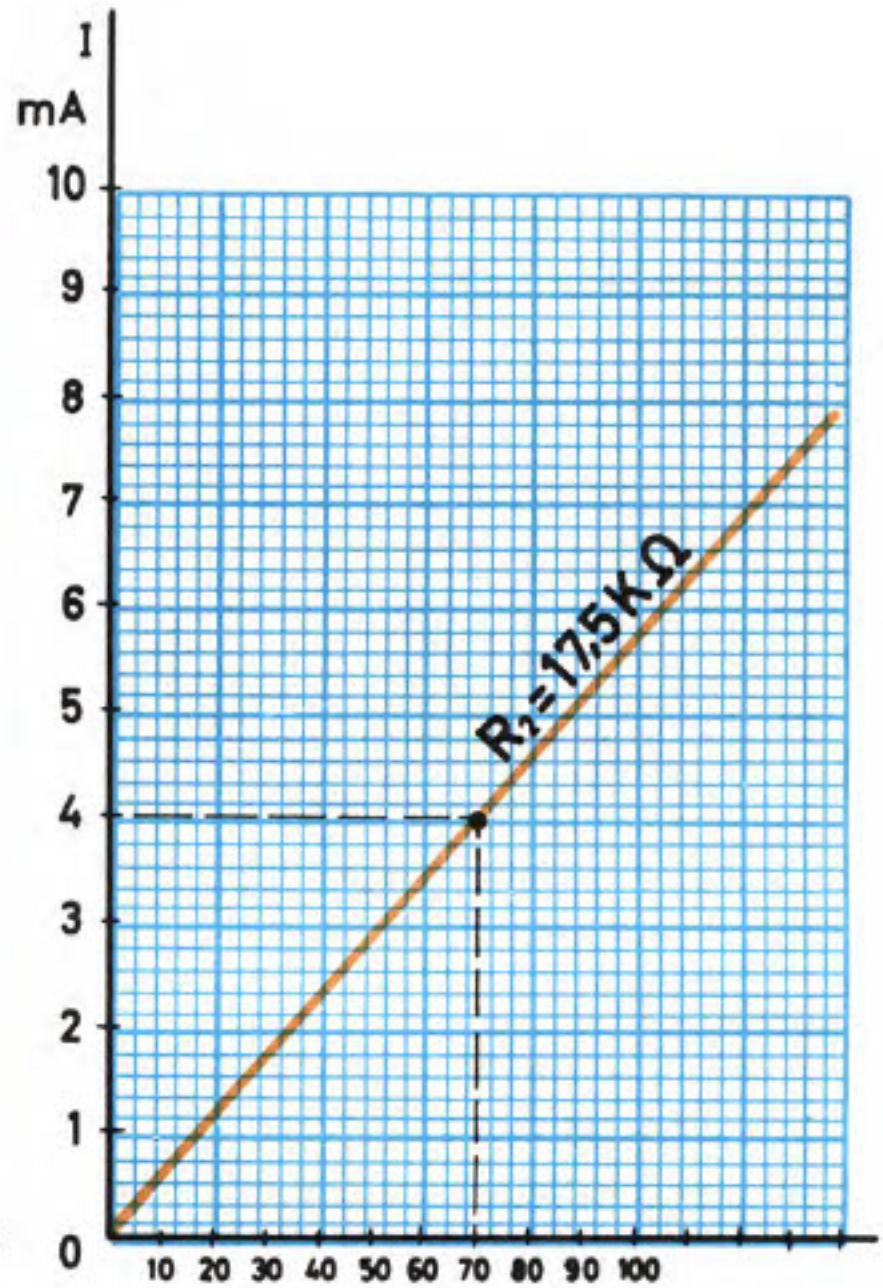
Cotejando cada valor de I con el valor de V que le corresponde podemos trazar una gráfica. El resultado será una línea recta en la cual puede comprobarse que para cada uno de sus puntos se corresponden una intensidad y una tensión que cumplen con la ley de Ohm. Es decir: el cociente V/I es siempre igual al valor de la resistencia. Se cumple que

$$\frac{V}{I} = 10.000\ \Omega$$

Si, aprovechando el mismo dispositivo, sustituimos la resistencia de 10 KΩ por la de 17'5 KΩ, también de nuestro ejemplo, obtendremos para ella otra gráfica donde se relacionen en los puntos de una recta los valores de V y de I.



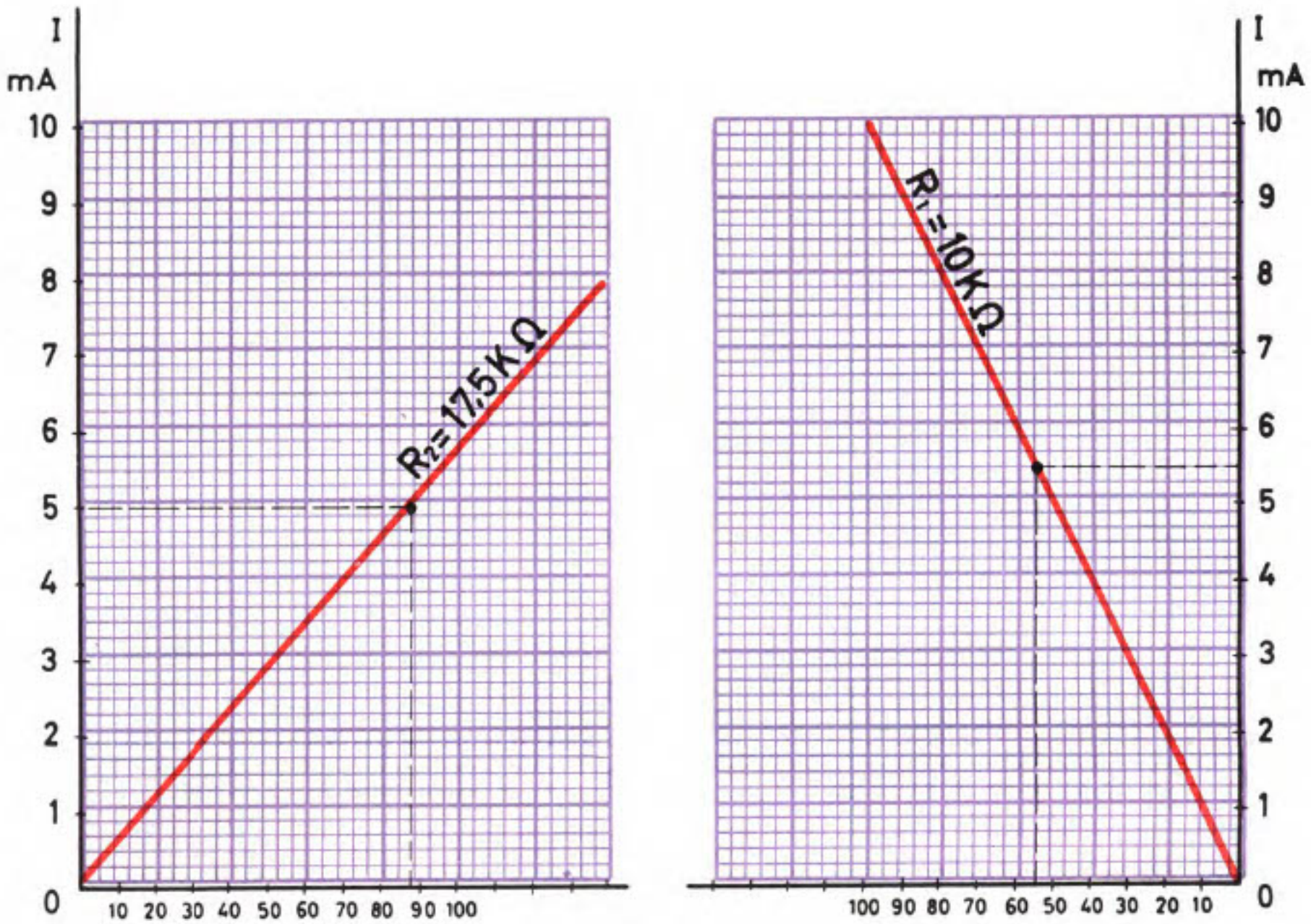
Gráfica que da los valores de V, conocidos los valores de I, para una resistencia de 10.000 Ω.



Gráfica que da los valores de V, conocidos los de I, para una resistencia de 17.500 Ω.

Tenemos dos gráficas, una para cada resistencia del divisor de tensión que hemos tomado como ejemplo. Se trata ahora de concretar en una sola gráfica los valores de la tensión existente entre los extremos de R_1 y de R_2. La cuestión es de fácil solución. Vamos a verlo:

PRIMERA OPERACION

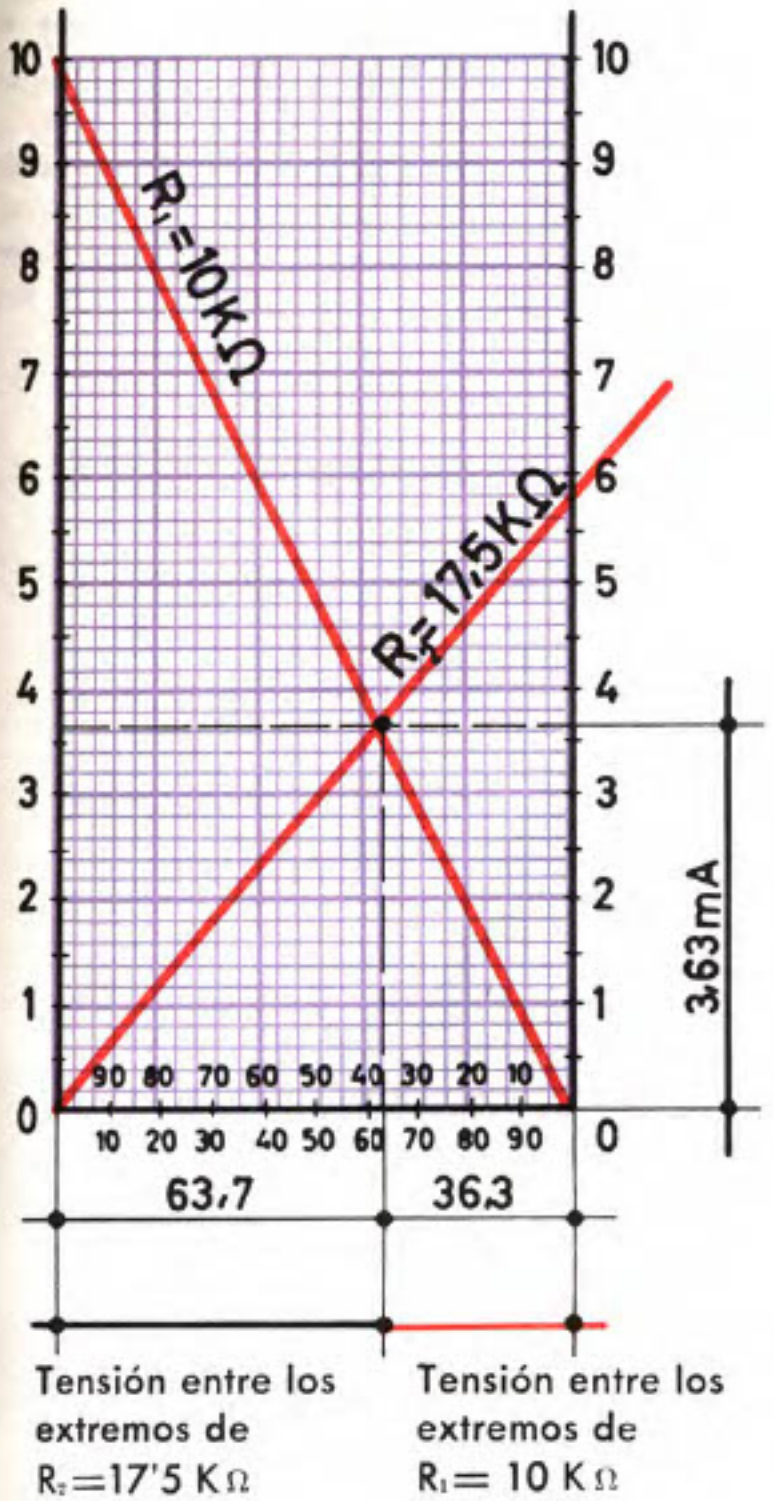


La primera operación para conjugar las dos gráficas en una sola consiste en invertir la que corresponde a la resistencia de 10 KΩ.

SEGUNDA OPERACION

Una vez invertida una de las gráficas (la de 10 KΩ en nuestro caso), se trata de superponerlas de modo que, en el eje de tensiones, coincidan el 0 de la una con el 100 de la otra y viceversa.

En estas condiciones, las rectas representativas de los valores de I y V para cada resistencia se cruzan en un punto. Este punto, sobre el eje vertical, da el valor de la intensidad común a las dos resistencias (3'63 mA), y sobre el eje horizontal determina dos tensiones. Desde el punto de intersección hacia la izquierda medimos la tensión entre los extremos de R_2, que resulta ser de 63'7 V. De la intersección hacia la derecha, contamos 36'3 V, tensión entre los extremos de R_1.



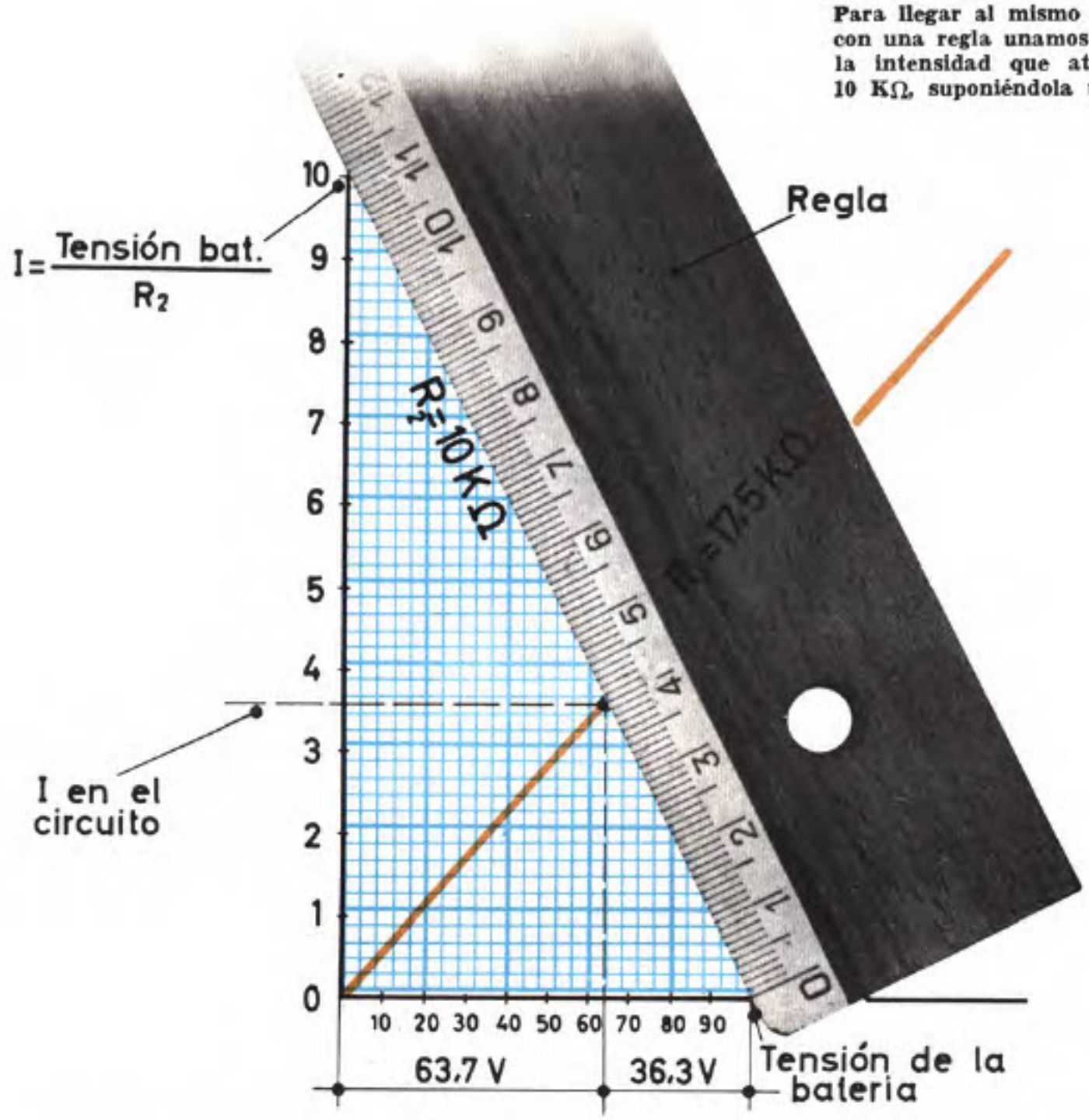
Superponiendo las dos gráficas obtendremos la intensidad común a las dos resistencias (3'63 mA) y la tensión entre los extremos de cada una de ellas (63'7 V para R_2 y 36'3 V para R_1).

PROCEDIMIENTO PRACTICO

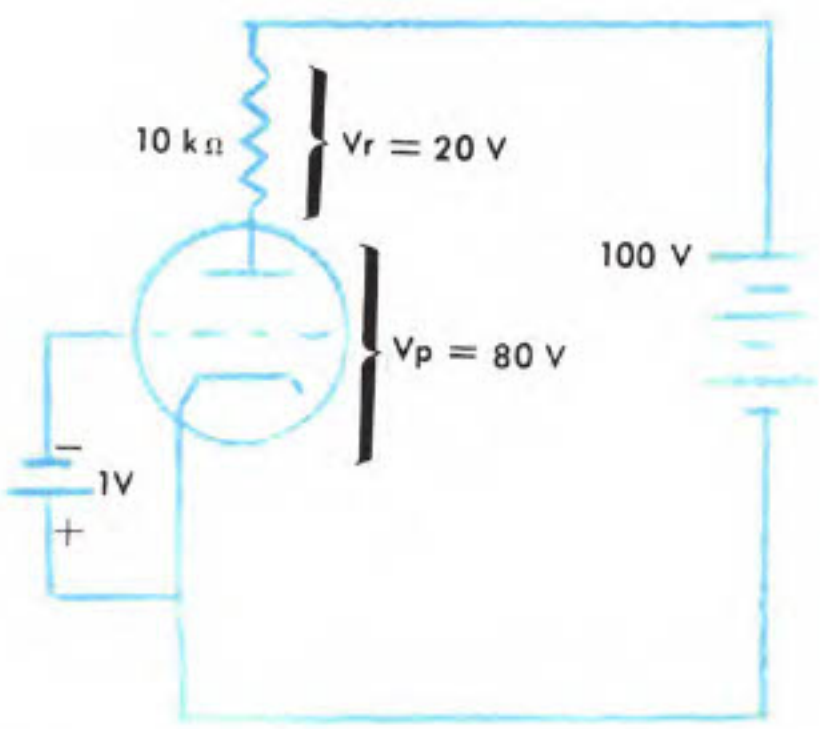
En la práctica basta disponer de una de las gráficas para llegar a los mismos resultados, sin necesidad de trazar la otra ni de superponerlas.

Digamos que disponemos de la gráfica que corresponde a la resistencia de 17.500 Ω. Si con una regla trazamos una línea que una el punto V = 100 (tensión de la batería) del eje horizontal con el punto 10 mA del eje vertical, habremos alcanzado el mismo resultado que invirtiendo la gráfica de R_1 = 10 KΩ y superponiéndola a la gráfica de R_2 = = 17'5 KΩ. Observe que estos 10 mA son precisamente la intensidad del circuito en el supuesto de que sólo se ha conectado la resistencia de 10 KΩ.

Para llegar al mismo resultado anterior basta que con una regla unamos la tensión de la batería con la intensidad que atravesaría la resistencia de 10 KΩ, suponiéndola única en el circuito.



DIVISOR DE TENSION FORMADO POR UNA RESISTENCIA Y UN TRIODO



Quizás, después de tantas explicaciones relativas a la interdependencia de las distintas características del triodo ideal y a los divisores de tensión, hayamos perdido un poco la noción de la meta que perseguimos, que es, recuérdelo, comprender el funcionamiento del amplificador de tensión.

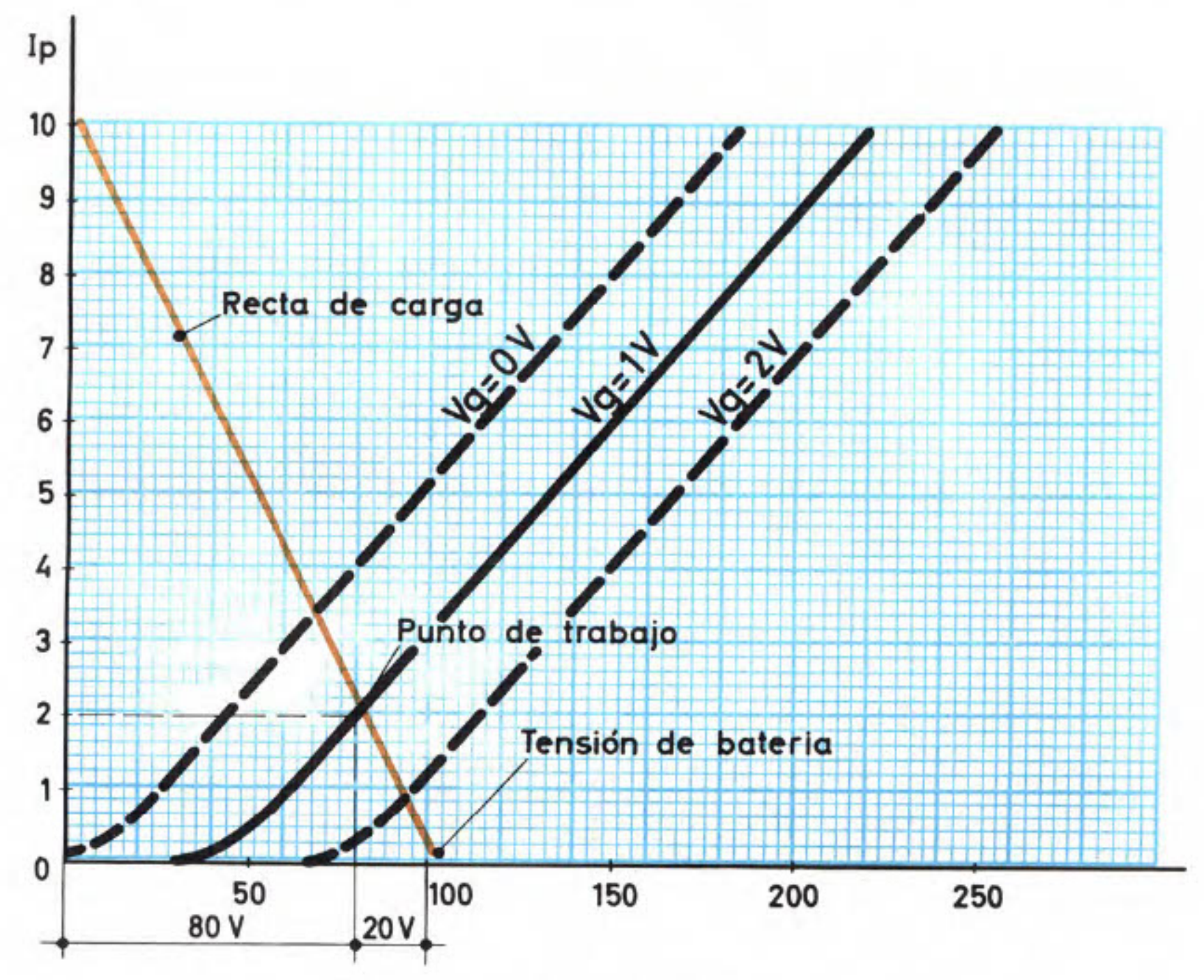
Consideremos otra vez nuestro divisor de tensión formado por dos resistencias conectadas en serie a una batería de 100 V, pero con una diferencia: sustituyendo la resistencia de 17'5 KΩ por nuestro triodo ideal, con la rejilla polarizada negativamente con una tensión de —1 V.

Comprenderá ahora que el valor dado a la resistencia no era un simple capricho. Recordará que, para el triodo ideal, teníamos una resistencia interna de precisamente 17'5 KΩ.

Según esta sustitución, veamos cómo ha variado el esquema.

La resistencia y el triodo están en serie, y por tanto constituyen un divisor de tensión.

Pero, por lo que sabemos desde la lección octava, no debemos esperar que el triodo, a pesar de tener una resistencia interna de 17'5 KΩ —llamada también resistencia de placa y representada por R_p—, se comporte exactamente igual que una resistencia del mismo valor. A pesar de ello, los valores de V_p, V_r e I_p pueden calcularse por el mismo procedimiento que acabamos de estudiar, con la diferencia de que el papel que allí representaba la recta correspondiente a R_2 es ahora la *característica de placa* del triodo para $V_g = -1$ V, ya que es precisamente esta curva la que relaciona los valores de V_p e I_p cuando la tensión de rejilla es constante y de —1 V.



La característica de placa para $V_g = 1$ V sustituye la recta de la resistencia.

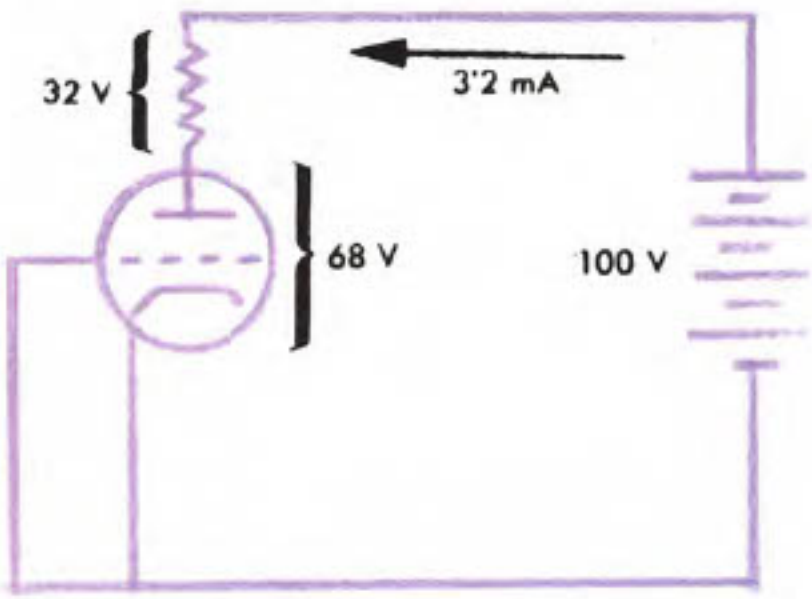
El punto de intersección de la característica $V_g = -1$ V y la recta representativa de la resistencia de 10 KΩ dará la intensidad que ahora circula a través de la resistencia y del triodo (resulta ser de 2 mA), la perpendicular señala en el eje horizontal las dos tensiones en que se divide la diferencia de potencial existente entre los bornes de la batería.

La tensión de placa del triodo resulta ser $V_p = 80$ V; y la tensión en los extremos de la resistencia, $V_r = 100 - V_p = 20$ V.

LA RESISTENCIA CONECTADA A LA PLACA DEL TRIODO SE LLAMA RESISTENCIA DE CARGA. Por tanto, la recta que la representa en el gráfico será la RECTA DE CARGA.

El punto de intersección de la recta de carga con la característica del triodo es el PUNTO DE TRABAJO.

GANANCIA DEL AMPLIFICADOR DE TENSION

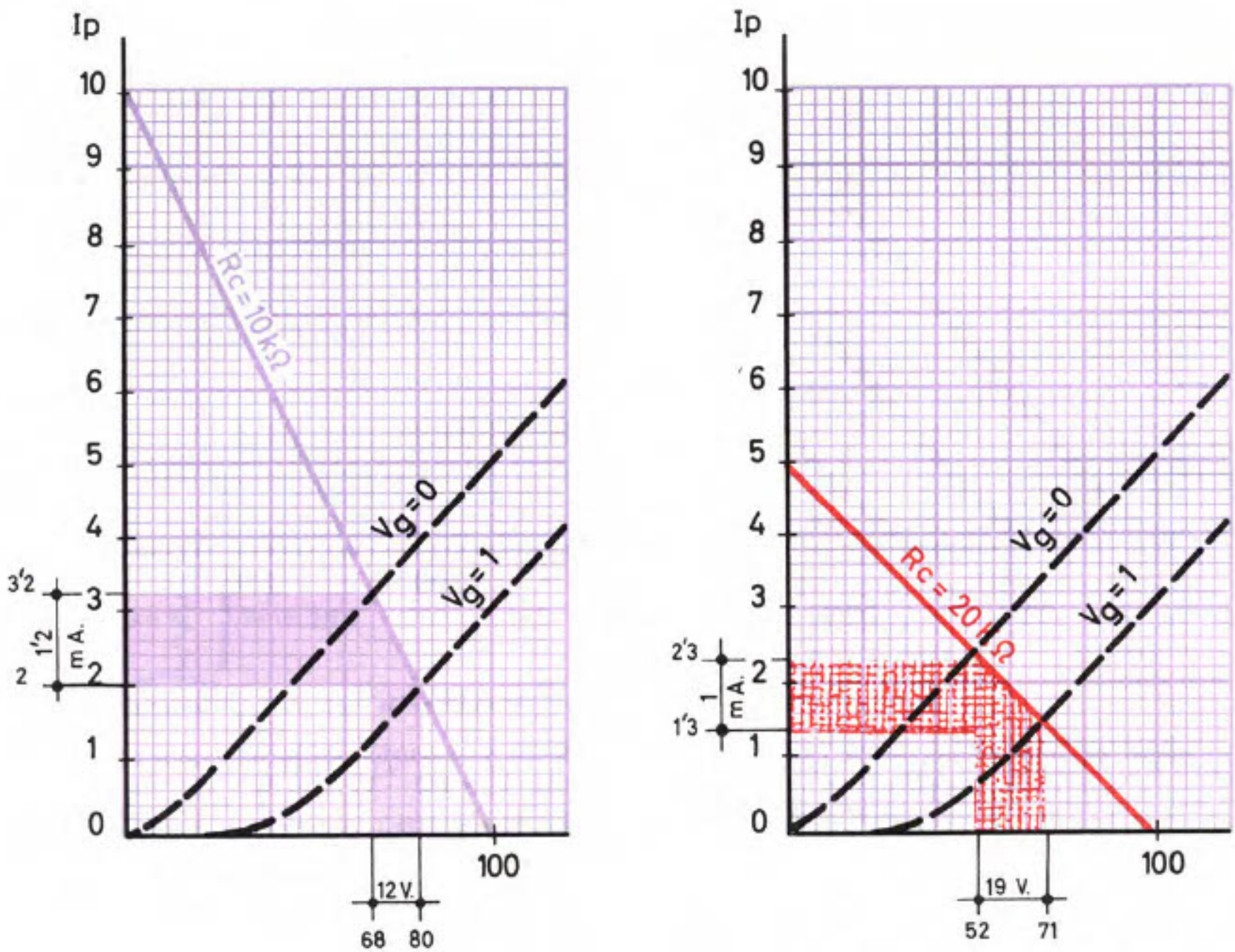


Al suprimir la batería de polarización de rejilla (cero voltios de tensión de rejilla), la tensión de placa pasa a ser de 68 V.

Supongamos que en nuestro divisor de tensión, formado por un triodo y una resistencia de carga, suprimimos la batería de polarización de 1 V. Es decir: conectamos la rejilla al cátodo, con lo cual el comportamiento del triodo vendrá expresado por la característica de placa para $V_g = 0$.

Tracemos la gráfica correspondiente y veremos que la intersección de la recta de carga con la característica de placa $V_g = 0$ nos dice que $I_p = 3'2$ mA y que $V_p = 68$ V. Será, pues, $V_r = 32$ V.

Analizando estos resultados, llegamos a la conclusión de que al variar en 1 V la tensión de la rejilla la tensión de placa ha variado desde 80 V a 68 V, o sea, 12 V.



La ganancia del amplificador de tensión aumenta al elevar el valor de la resistencia de carga.

Resulta, para este amplificador que estudiamos, que la ganancia de tensión será G = 12.

Resulta también que el procedimiento práctico para calcular la ganancia de tensión de un amplificador consistirá en hallar la diferencia entre los valores de la tensión de placa que corresponden a los puntos de intersección de la recta de carga con dos características de placa que difieran en 1 V.

Observe que estos puntos dan, además de la ganancia de tensión, la variación de intensidad, que en este caso que nos ocupa es de 1'2 mA.

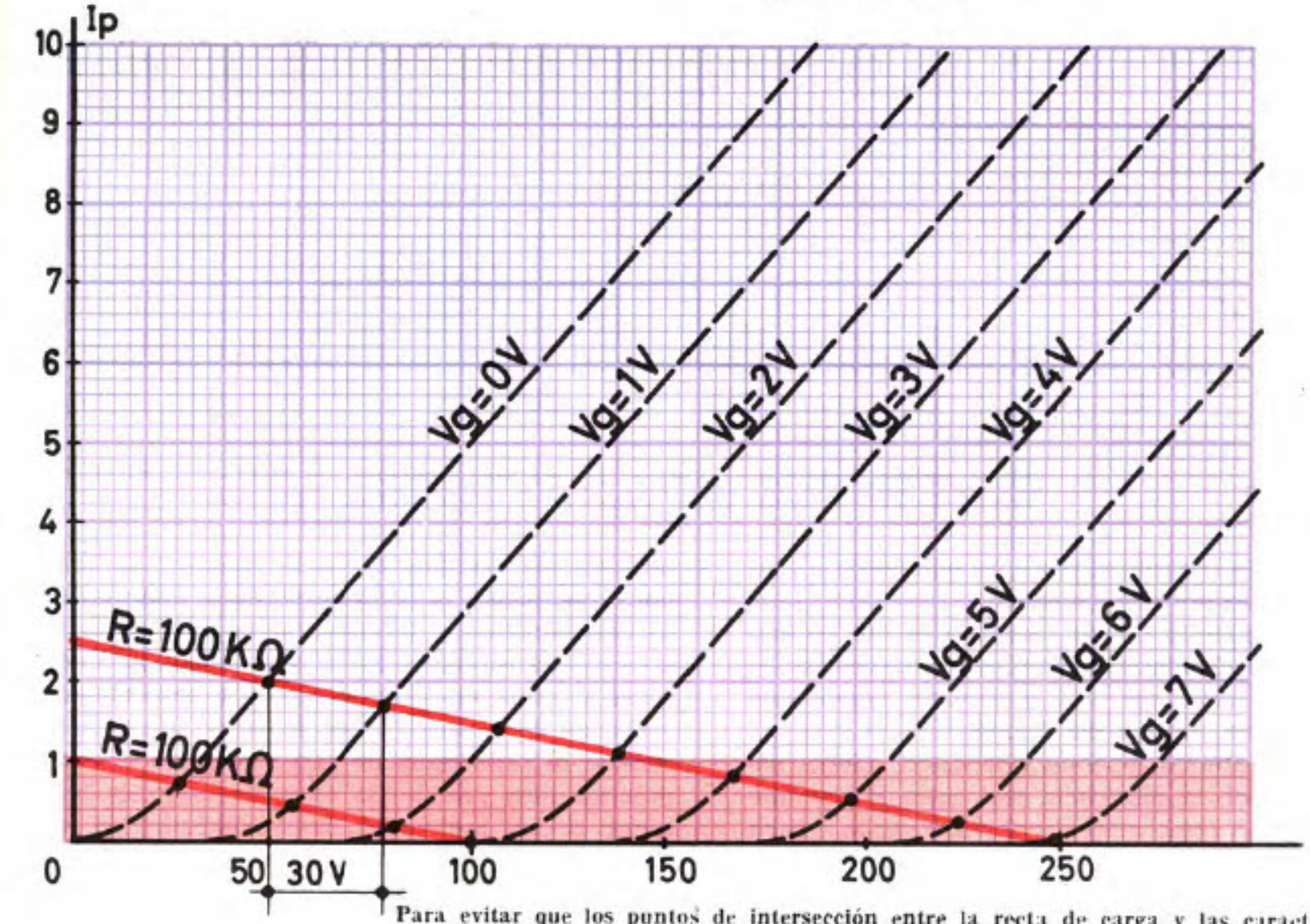
Cabe preguntarse si es o no posible obtener una ganancia de tensión superior a 12, que, según nos demuestra el gráfico anterior, es la que obtenemos con el montaje practicado, conservando el mismo triodo y la misma batería. ¿Es posible...? La respuesta es *sí*; para ello basta utilizar una resistencia de carga de valor superior al que hemos empleado hasta ahora.

Así, por ejemplo, utilizando una resistencia de 20 KΩ, la variación de 1 V en la tensión de rejilla proporciona una variación 19 V en la tensión de placa. Resulta, pues, que con una resistencia de carga de doble valor conseguiremos una ganancia G = 19.

En cambio, la variación de la intensidad habrá sido menos (sólo de 1 mA).

Parece claro que para obtener una ganancia elevada conviene utilizar una resistencia de gran valor. Pero con ello corremos el riesgo de que la recta de carga corte las características de placa únicamente por su zona curvada, cosa que deberemos evitar, ya que, puesto que en esta zona las referidas características tienden a juntarse, puede ocurrir que la ganancia disminuya en vez de que aumente. Por otra parte, se producirán efectos de distorsión, de los que hablaremos más adelante, y que, desde luego, es preciso evitar.

¿Cómo conseguiremos aumentar el valor de la resistencia de carga para obtener una mayor ganancia, sin que por ello todos los puntos de intersección entre la recta de carga y las características queden en la región curvada? Sencillamente: aumentando la tensión de la batería. Ilustramos el caso de la recta de carga correspondiente a una resistencia de 100 KΩ cuando la batería de placa es de 100 V y cuando esta tensión es de 250 V. En este gráfico se ve que muchos puntos de intersección están fuera de la zona de curvatura, cuando V_p = 250 V, pero no cuando la tensión de placa es sólo de 100 V.

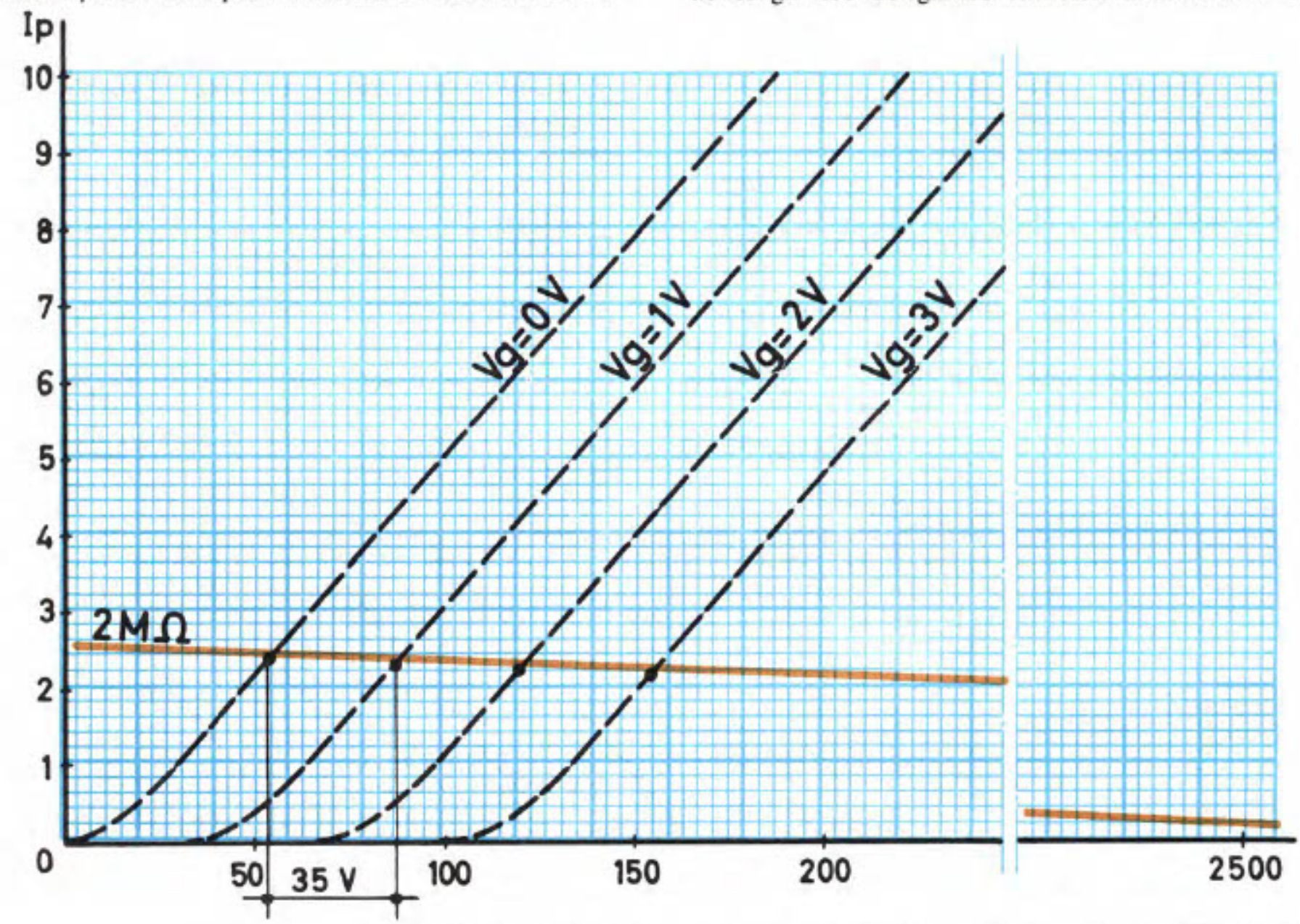


Para evitar que los puntos de intersección entre la recta de carga y las características de placa caigan en la región curvada cuando aumentemos la resistencia de carga, deberemos aumentar la tensión de la batería de placa.

Puede comprobarse que con R = 100 KΩ nuestro amplificador tiene una ganancia de tensión de G = 30.

No se crea, sin embargo, que la ganancia de tensión puede aumentarse indefinidamente por el sistema de aumentar el valor de la resistencia de carga. Si, como caso límite, suponemos que utilizamos una resistencia de valor grandísimo (un aislante prácticamente) la recta de carga que le corresponde será prácticamente horizontal. En estas condiciones, al variar en 1 V la tensión de rejilla la tensión en la placa varía en 35 V, o sea en lo que hemos llamado factor de amplificación del triodo (μ).

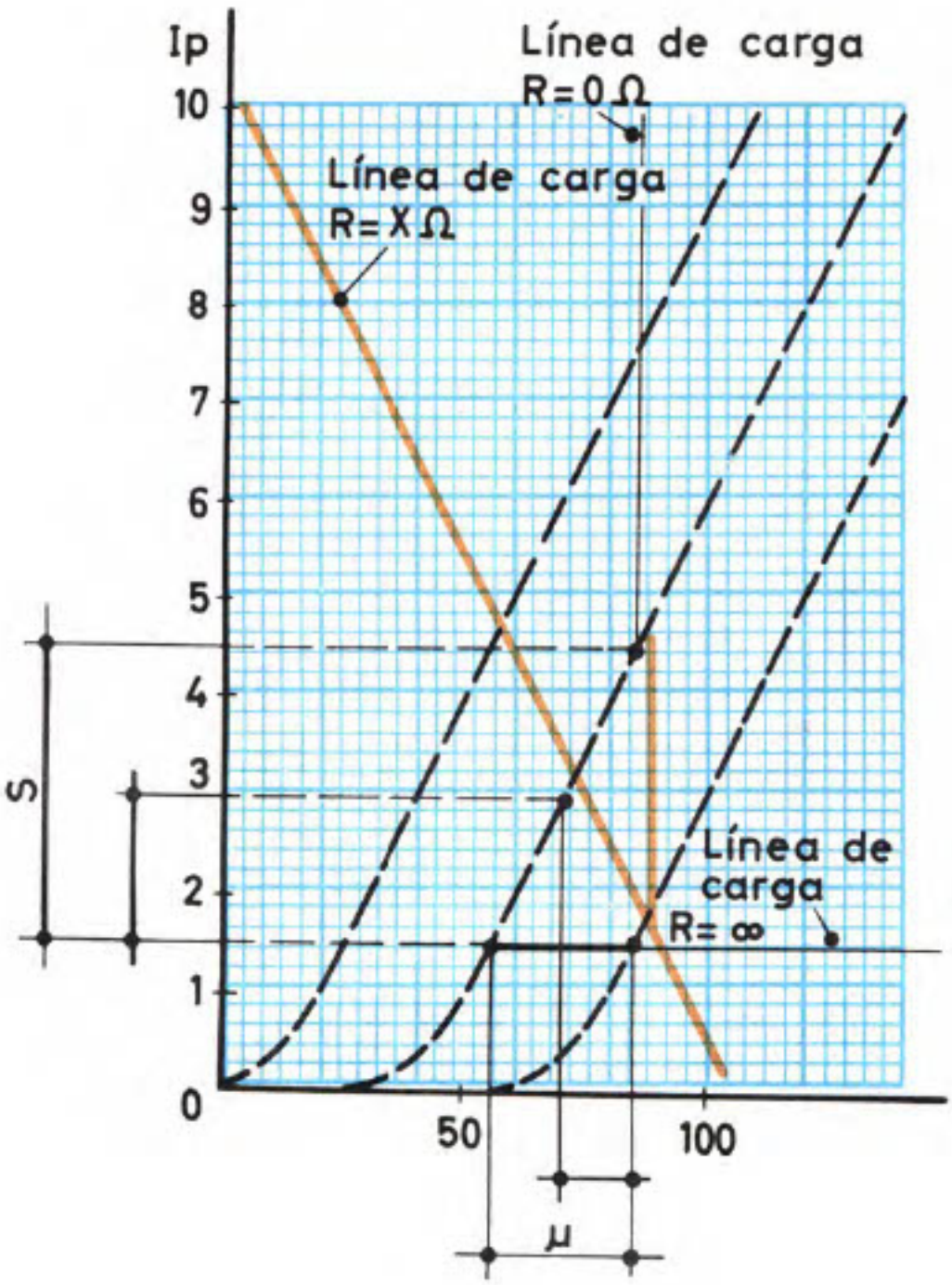
La máxima ganancia de tensión que teóricamente se puede obtener de un triodo es $G = \mu$. Decimos «teóricamente» porque en la práctica deberemos conformarnos con ganancias menores. Es así por cuanto al aumentar el valor de la resistencia de carga nos obligamos también a aumentar la tensión de la batería de placa, lo que elevaría mucho el precio del amplificador.



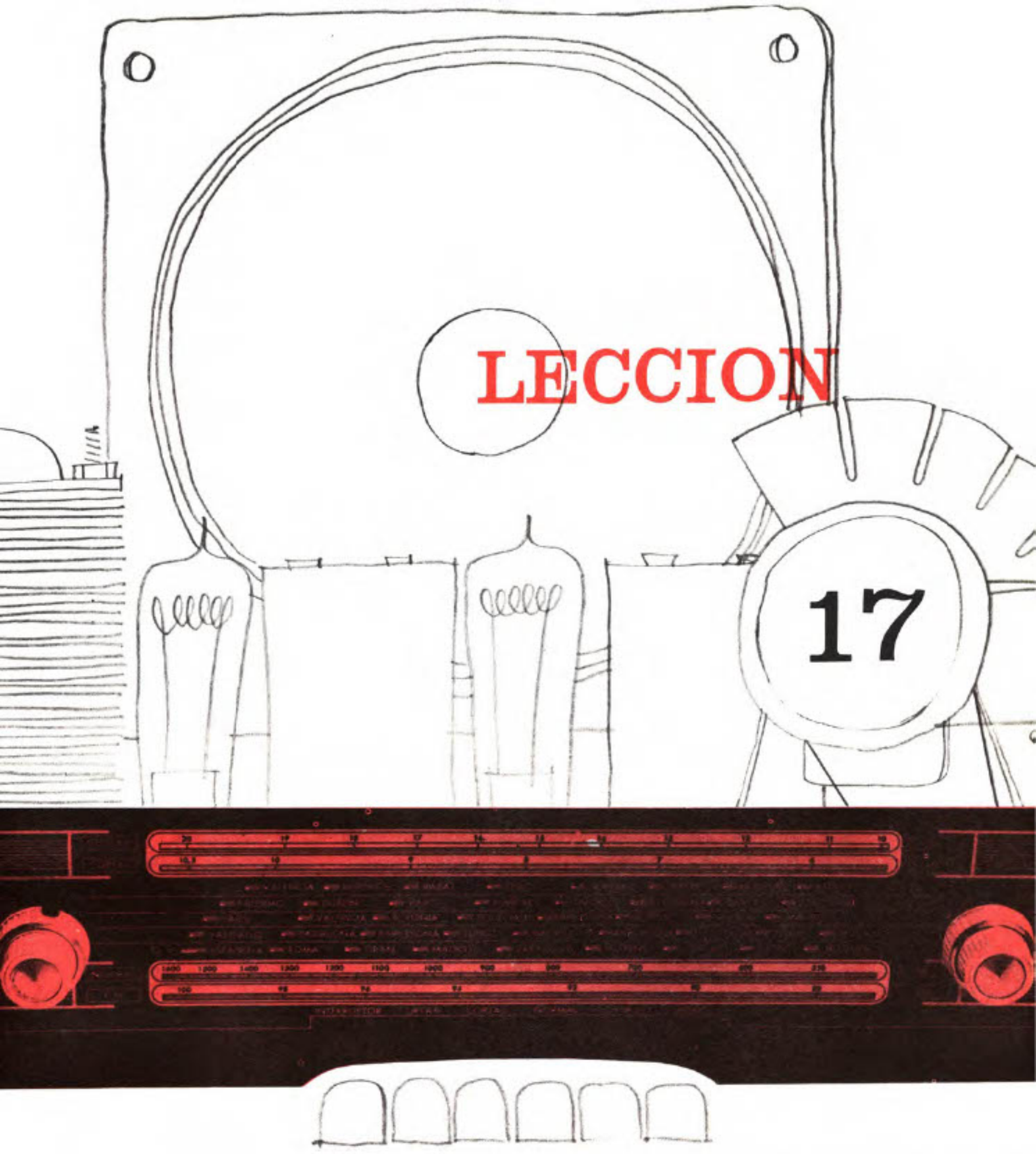
En el gráfico ilustramos el caso de utilizar una resistencia de carga de 1 MΩ y una batería de 2.500 V, donde puede comprobarse lo que acabamos de decir.

En la práctica lo más corriente es que en amplificadores de tensión se utilicen resistencias de carga cuyo valor sea de 3 a 10 veces mayor que la resistencia interna del triodo.

A estas alturas creemos que usted, amigo, habrá advertido la diferencia real entre el montaje de un triodo como amplificador de tensión o bien como amplificador de intensidad: difieren en el valor de la resistencia de carga. Cuando la resistencia de carga es nula, cosa que ocurre cuando unimos la batería y la placa a través de un dispositivo sin resistencia (en la práctica de resistencia pequeña), la recta de carga es una vertical (o casi vertical) y las variaciones de tensión en la rejilla ocasionan grandes variaciones de intensidad a través del circuito de placa, pero ninguna variación de tensión (o casi ninguna). En cambio, cuando la resistencia de carga es infinita (en la práctica muy grande) la recta de carga es horizontal o casi horizontal; las variaciones de tensión de rejilla dan lugar a grandes variaciones de la tensión de placa, pero no a variaciones de la intensidad (en realidad dan lugar a variaciones muy pequeñas).



Las variaciones de I_p y V_p dependen de la inclinación de la recta de carga. Para R = 0 V_p la amplificación será sólo de intensidad. Para R = ∞, la amplificación será sólo de tensión.



Amplificadores de tensión

Amplificadores de cascada

Acoplamienios

Esquemas

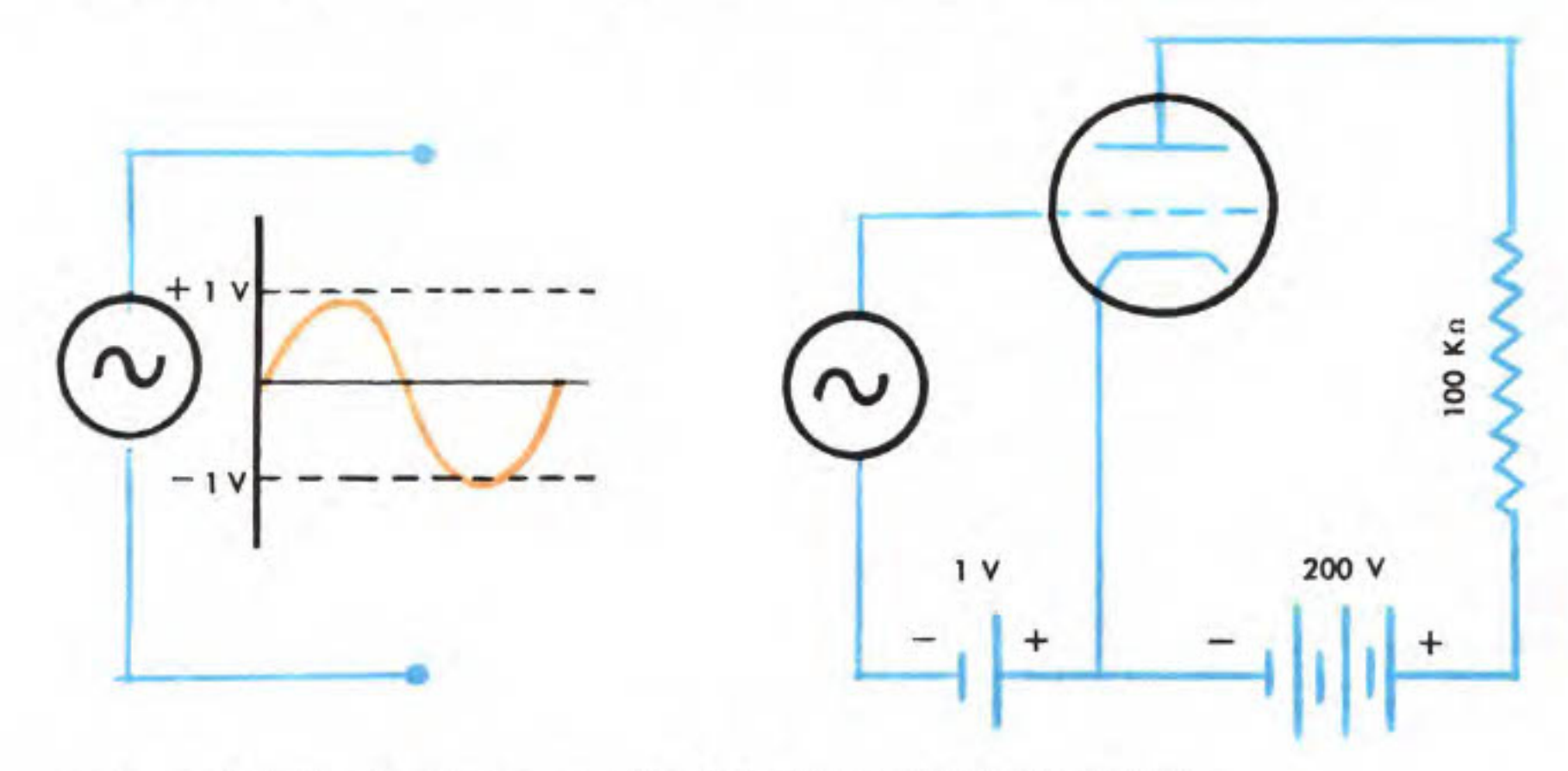
AMPLIFICADORES DE TENSION
SEGUNDA PARTE

En esta lección ampliaremos nuestros conocimientos sobre los amplificadores de tensión, tema iniciado en el capítulo pasado, donde quedaron sentados los fundamentos de la utilización del triodo como amplificador de tensión y vimos cómo una variación dada a la tensión de rejilla ocasionaba otra variación mucho mayor, fácilmente calculable, en la tensión de placa. Vimos aplicado este fenómeno a la amplificación de corrientes continuas; pero es fácil comprender que si deseamos amplificar una tensión alterna debemos seguir un procedimiento análogo al que nos permite la amplificación de una intensidad alterna.

Ante un nuevo problema, las lecciones que han quedado atrás nos han demostrado que la forma más clara para llegar a comprender su naturaleza y solución es apoyar las explicaciones en un ejemplo. Recurramos otra vez a esta fórmula elemental de la pedagogía, enseñando por medio de un ejemplo.

Supongamos que necesitamos amplificar la tensión alterna que proporciona un oscilador, la cual nos da un valor de pico igual a 1 voltio. Ello quiere decir que el valor máximo de la d.d.p. es de 2 voltios entre pico positivo y pico negativo.

Utilizaremos el montaje que ya conocemos, empleando como batería de placa una que nos proporcione 200 V de tensión y como resistencia de carga una resistencia de 100 kΩ.

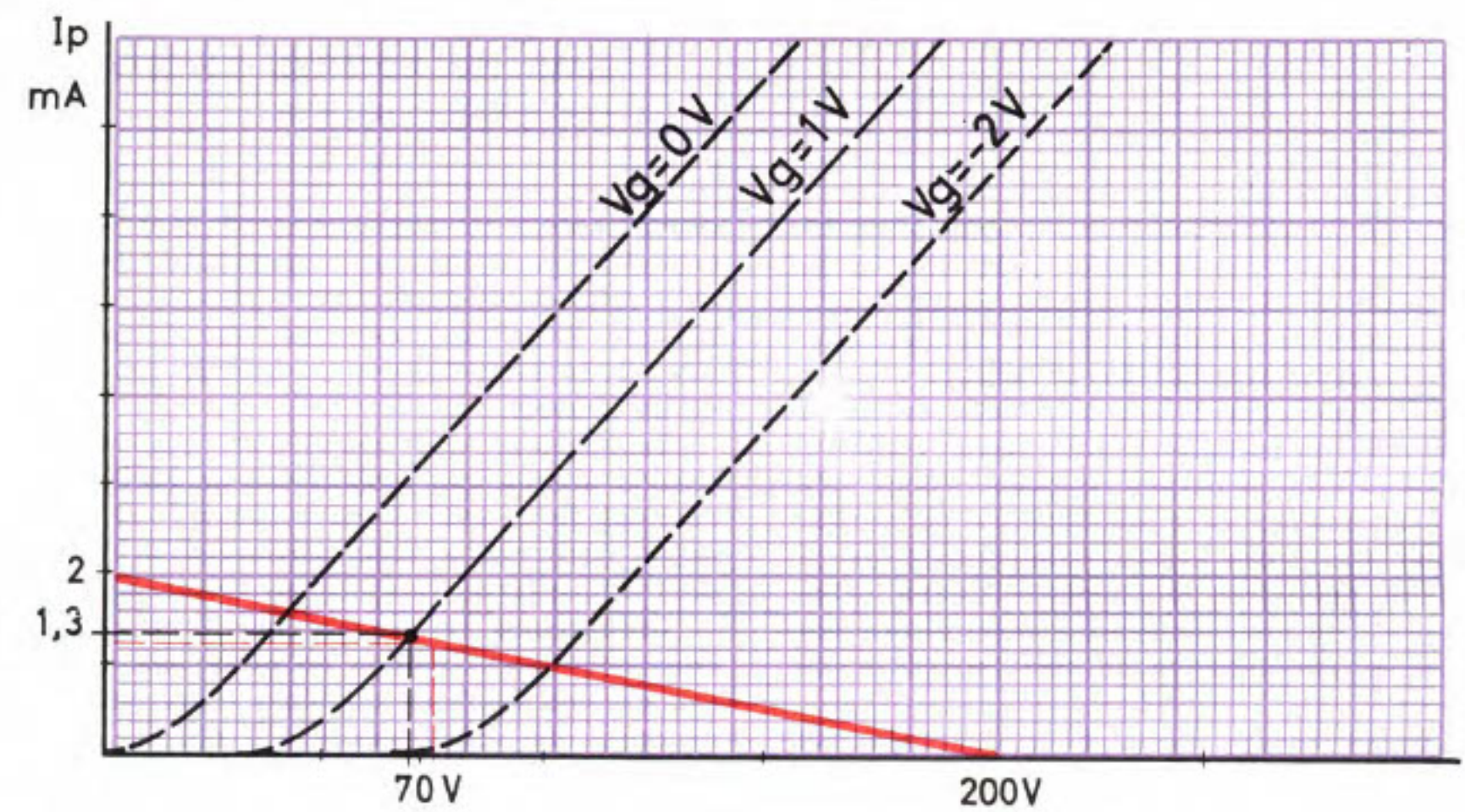


Nos hemos planteado este problema: amplificar la tensión generada por el oscilador simbolizado mediante el montaje cuyo esquema adjuntamos.

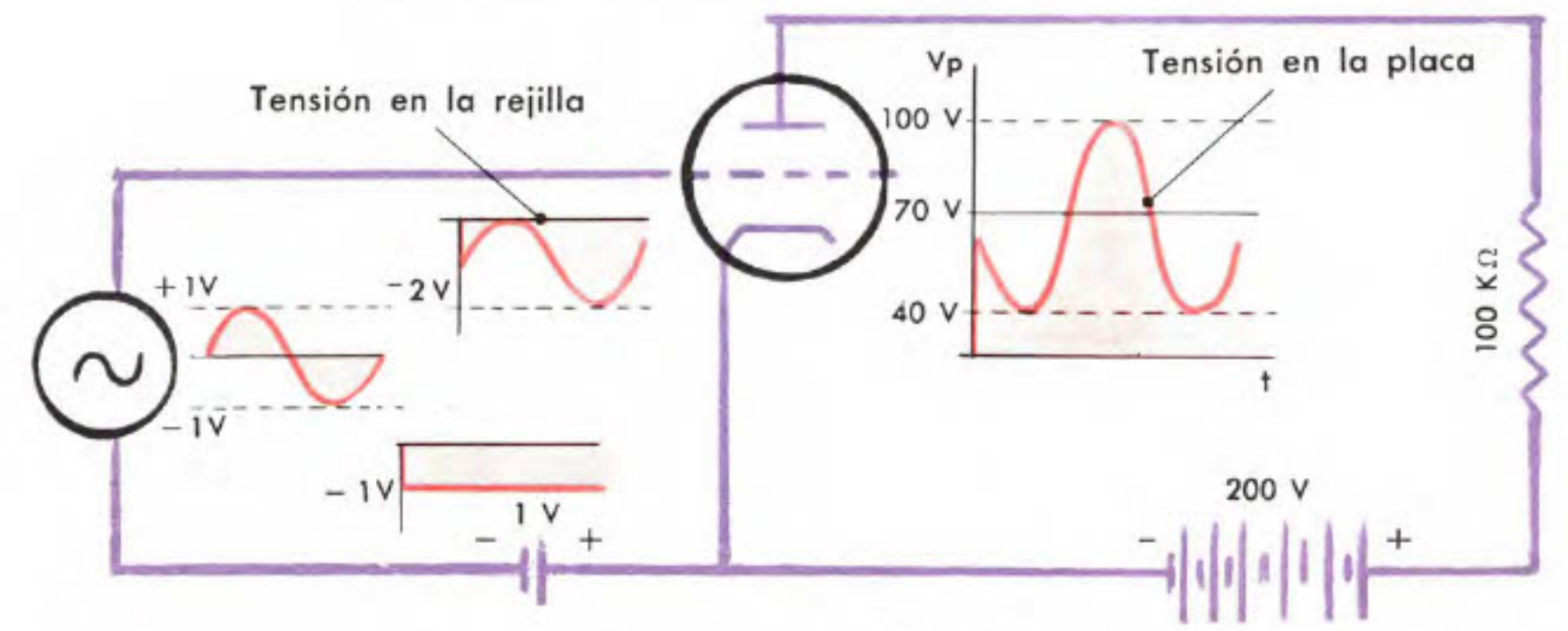
En la lección precedente aprendimos a trabajar sobre las características del triodo, conocimientos que ahora empezarán a prestarnos una ayuda positiva.

Utilizando las características de placa del triodo, situemos sobre ellas la recta de carga correspondiente a la resistencia de 100 KΩ. Esta recta corta las características de placa, determinando tantos puntos como tensiones de rejilla se consideren, entre los cuales tenemos el punto de intersección correspondiente a la característica de placa para $V_g = -1$ V. Este punto, véalo en la gráfica, corresponde a $V_p = 70$ V e $I_p = 1'25$ mA; es el llamado *punto de trabajo*, de especial interés para nuestras deducciones.

¿Qué nos indica este punto...? Usted mismo puede deducirlo de la gráfica: indica la tensión de placa y la intensidad que por ella circula cuando la rejilla está conectada directamente a la batería de polarización de —1 V. Es decir: cuando el oscilador no influye para nada en la tensión de rejilla.



Cuando la rejilla está directamente conectada a la batería de polarización, V_p e I_p vienen determinados, en las características de placa, por el punto de trabajo.



Intercalamos el oscilador en el circuito de rejilla. Entre la rejilla y el cátodo aparece una tensión variable negativa con valores comprendidos entre cero y —2 V.

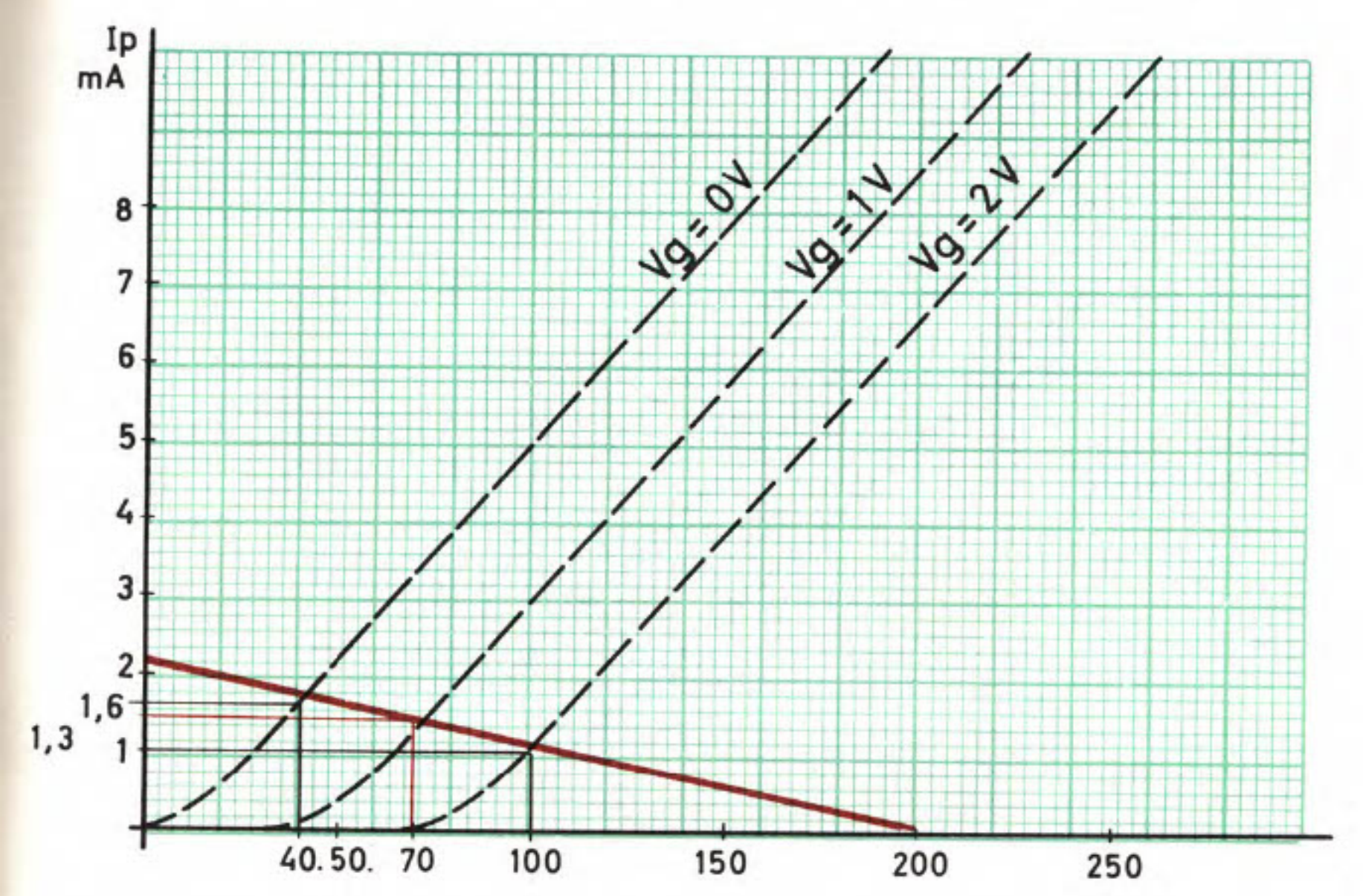
Tomemos el oscilador y conectemos sus bornes entre la rejilla del triodo y el polo negativo de la pila de polarización. Es evidente que en estas condiciones se añade la tensión alterna dada por el oscilador a la tensión continua de la pila de 1 V. El resultado sólo puede ser uno: entre la rejilla y el cátodo del triodo habrá una tensión siempre negativa, pero variable constantemente entre cero y —2 V.

Volvamos a nuestras características de placa con la recta de carga para $V_p = 200$ V y $R = 100$ KΩ.

Veamos qué sucede con el oscilador intercalado entre la batería de polarización y la rejilla:

Cuando la tensión en rejilla sea $V_g = 0$ V, la tensión de placa vendrá dada por la intersección entre la característica $V_g = 0$ y la recta de carga, punto que corresponde a una tensión en la placa $V_p = 40$ V. En cambio, cuando V_g haya alcanzado el valor $V_g = -2$ V la tensión en la placa (intersección de $V_g = -2$ con la recta de carga) será de 100 V.

Dado que la tensión de rejilla varía entre cero y —2 V, la tensión de placa variará entre 40 V y 100 V. Al mismo tiempo puede constatarse que la intensidad de placa varía entre 1'6 mA y 1 mA.

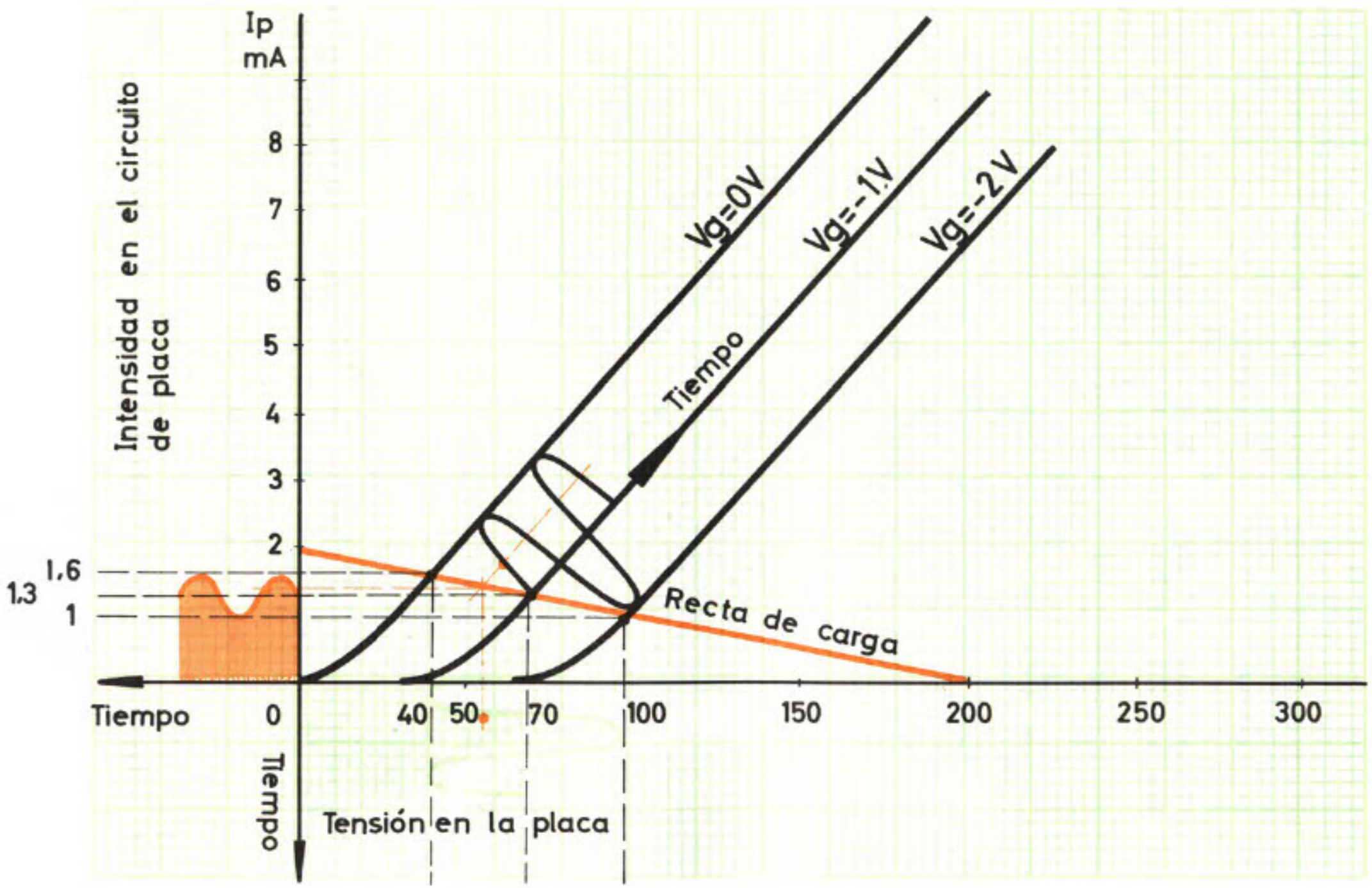


En esta gráfica aparecen indicadas las variaciones de V_p e I_p para una variación de V_g comprendida entre cero y —2 V.

REPRESENTACION GRAFICA DE LAS VARIACIONES DE V_p Y DE I_p

Podemos representar gráficamente las variaciones de V_p e I_p en relación con las variaciones de la tensión de rejilla. Para ello, y tomando por base la gráfica formada por las características de placa y la recta de carga, procederemos así:

Dibujaremos la gráfica correspondientes a la tensión que proporciona el oscilador tomando como eje de tiempos la característica $V_g = -1$ V; es decir, la tensión de polarización. La amplitud de esta tensión (que es de 2 voltios entre picos) viene limitada por la característica $V_g = 0$ y la característica $V_g = -2$.



La tensión de la placa del triodo que nos ocupa es una tensión continua variable, equivalente a la suma de una componente continua y una componente alterna cuyos valores determinamos en el presente gráfico.

Como eje de tiempos para la tensión de placa V_p tomaremos la prolongación del eje vertical I_p de la gráfica; y como eje de tiempos para la intensidad de placa tomaremos la prolongación del eje horizontal V_p.

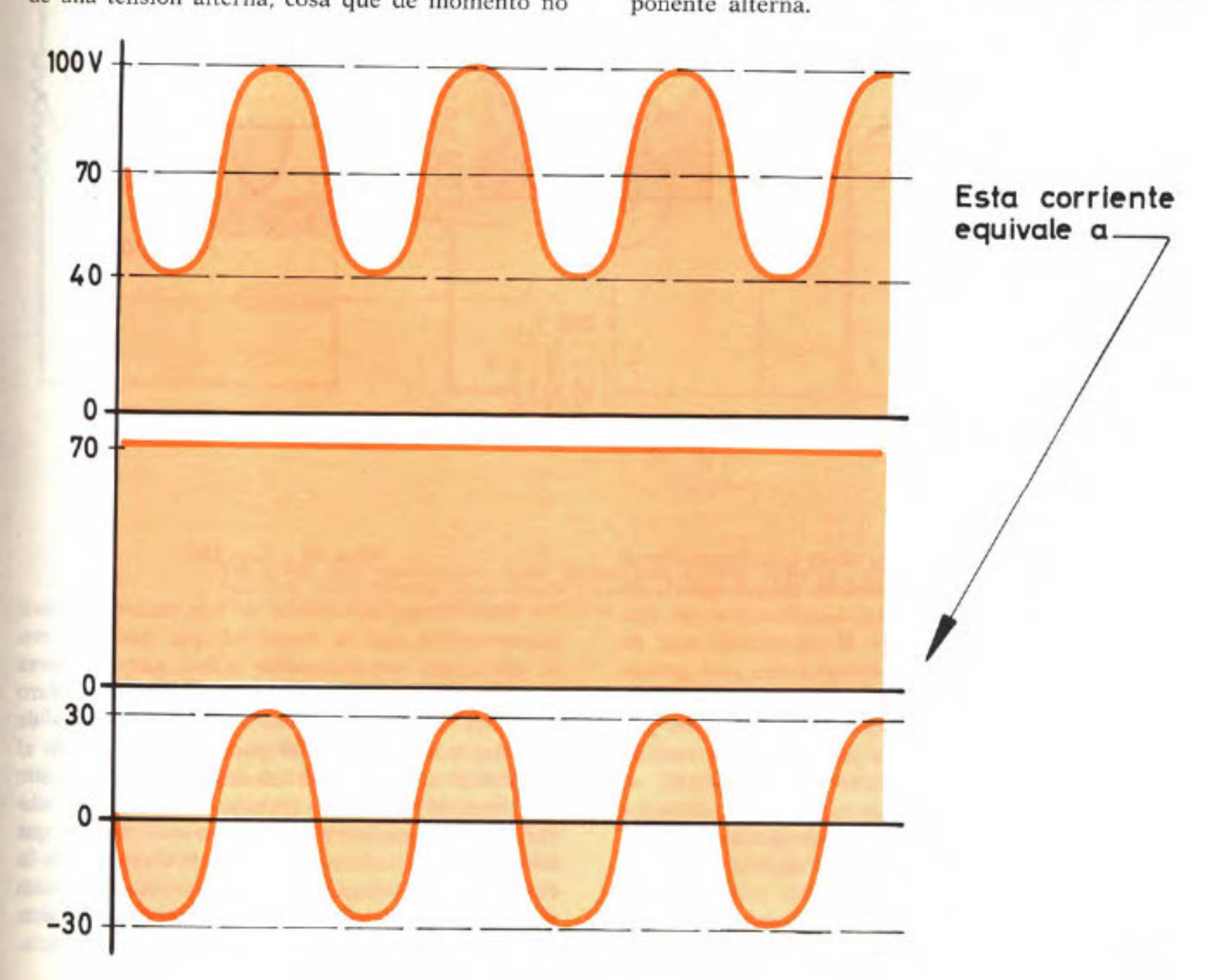
Observe cómo en esta gráfica queda relacionado cualquier valor de V_g con el valor que para él adquieren V_p e I_p. Para ello, basta con trazar, desde el punto de la curva de V_g que indica el valor considerado, una paralela al eje de tiempos (característica $V_g = -1$) hasta que corte la recta de carga. Este nuevo punto relaciona los valores de V_p e I_p que corresponden al valor de V_g representado por el punto de su curva.

SEPARACION DE LA COMPONENTE CONTINUA

Hemos visto el montaje fundamental de un amplificador de tensión, analizando en las características de placa del triodo la relación entre las variaciones en la tensión de rejilla y las que experimentan la tensión e intensidad de la placa. Con este montaje obtenemos en la placa una tensión variable de características exactamente iguales a la tensión entre rejilla y cátodo, pero de amplitud mucho mayor.

Ahora bien; recordemos que lo que en principio nos hemos propuesto es la amplificación de una tensión alterna, cosa que de momento no hemos conseguido, ya que a la salida del triodo no tenemos una tensión alterna. En la placa, en efecto, la tensión es de naturaleza continua variable, formada por una componente continua de 70 V y una componente alterna de 60 V de pico a pico.

Puesto que sólo es la componente alterna la que nos interesa, deberemos idear algún sistema que, agregado al montaje que hasta ahora venimos experimentando, nos permita eliminar la componente continua conservando inalterable la componente alterna.

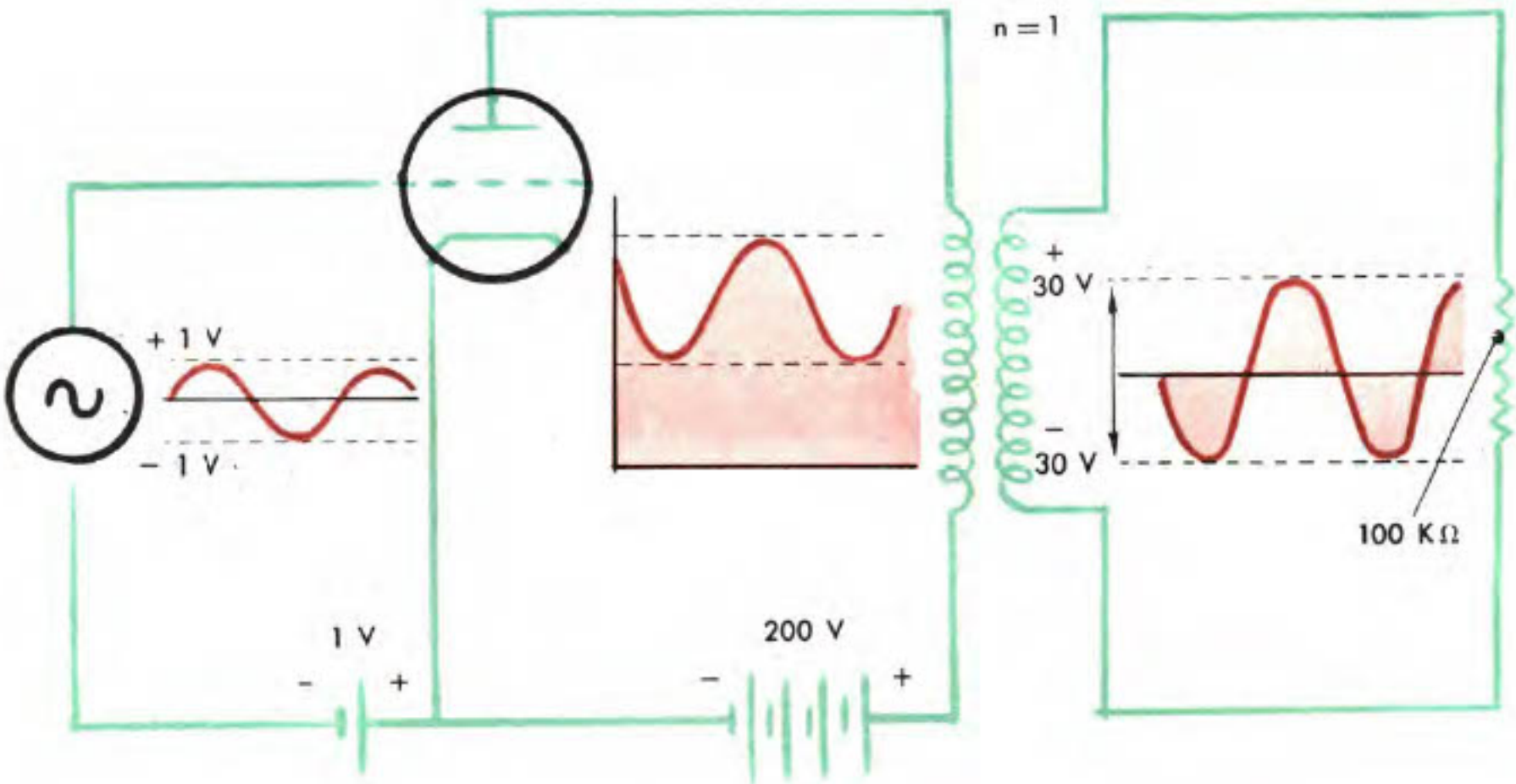


La solución que en principio se nos puede ocurrir es la misma que ha solucionado la separación de la componente alterna en el amplificador de intensidad, o sea, intercalar un transformador en el circuito de placa, transformador que puede tener el mismo número de espiras en el primario que en el secundario. La resistencia de carga se conectará al secundario, que en estas condiciones proporcionará una tensión alterna de 60 V entre picos.

Y puesto que a la entrada hemos aplicado una tensión de 2 V de pico a pico, resulta que la ganancia del amplificador es:

$$G = \frac{V_s}{V_e} = \frac{60}{2} = 30$$

Es obvio que, debiendo emplear un transformador, intentemos aprovechar sus posibilidades.



Lo más frecuente es que se usen transformadores con un índice de transformación mayor que 1. Es decir: el transformador del amplificador de tensión tendrá más espiras en el secundario que en el primario, con lo cual obtendremos una ganancia adicional.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, por razones de índole práctica ya apuntadas, cuando describíamos el amplificador de intensidad, el transformador que agreguemos al amplificador de tensión para eliminar la componente continua no conviene que tenga un índice de transformación superior a 5.

Así, pues, resulta que, en el amplificador a triodo considerado, la ganancia total sería de:

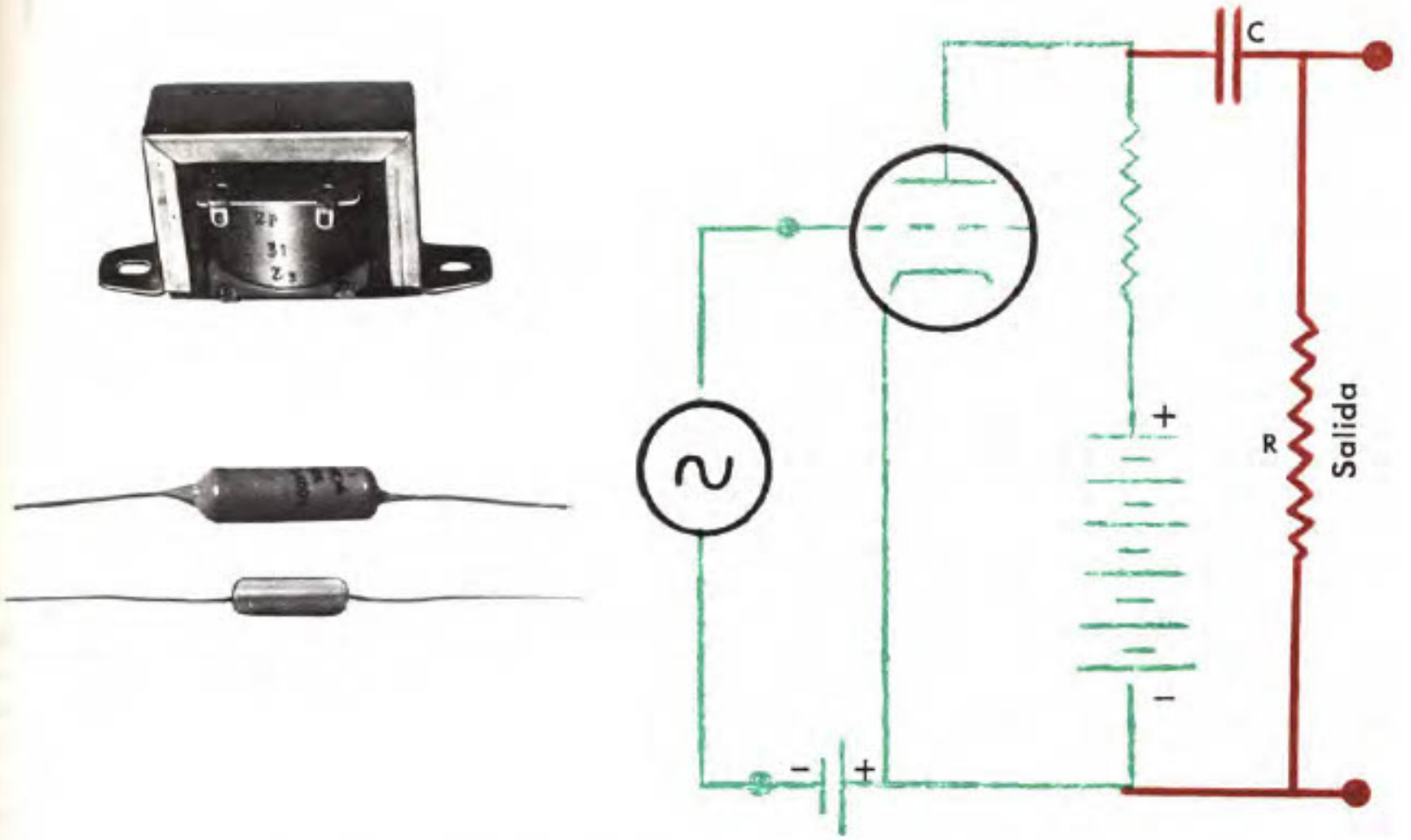
$$G = 30 \times 5 = 150$$

Todo lo que acabamos de ver resulta de fácil comprensión por la similitud que presenta con lo estudiado anteriormente sobre amplificadores de intensidad con triodo y transformador. Pero debemos advertir que en los amplificadores de tensión, por causa de la poca resistencia que el bobinado del primario ofrece a la componente continua, el punto de trabajo del triodo es distinto en los amplificadores con transformador que en los que el triodo se aplica directamente a la resistencia de carga. Queda advertido sobre esta cuestión, cuyo detalle debemos reservar hasta que hablemos de los amplificadores de potencia.

SUPRESION DE LA COMPONENTE CONTINUA MEDIANTE UN GRUPO RC

Si recuerda usted las propiedades de los condensadores, sabrá que una de ellas consiste en dejar circular las corrientes alternas y, con trariamente, en oponerse al paso de las corrientes continuas. El cómo y el porqué de este comportamiento quedó explicado con suficiente detalle en la lección 12 de nuestro Tratado. Por tanto, no insistiremos sobre la cuestión; nos limitamos a recordar esta propiedad, que evidentemente nos hace pensar en la posibilidad de emplear un condensador para suprimir la componente continua de las tensiones amplificadas por un triodo.

La solución, en efecto, consiste en conexionar un grupo de condensador y resistencia en serie, entre el borne de la resistencia de carga conectado a la placa del triodo y el borne negativo de la batería de placa. El grupo RC se coloca de acuerdo con el esquema siguiente:



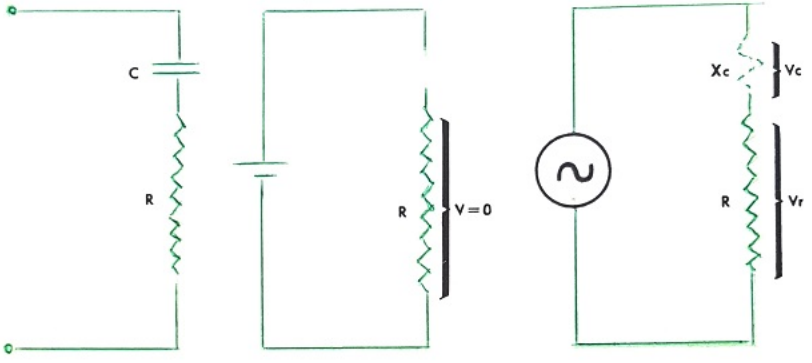
Un grupo RC, conexionado como indica este gráfico, permite suprimir la componente continua de la tensión amplificada. Vea una fotografía de los elementos que permiten la supresión de la componente continua.

Analicemos la cuestión con un poco de detalle:

Para la corriente continua, ya que no puede circular a través del condensador, el circuito se comportará como si para ella estuviese abierto en el lugar que el condensador ocupa. En consecuencia, en los extremos de la resistencia del grupo RC no habrá tensión alguna que se deba a la componente continua.

En cambio, el condensador actuará, ante la componente alterna, como si fuese una resistencia cuyo valor (es X_C, o reactancia) depende de la frecuencia de la corriente.

Resulta que, para la componente alterna, la resistencia R y el condensador C (que están en serie) se comportan como un divisor de tensión, de tal modo que al aplicar una d.d.p. alterna a los extremos del conjunto se repartirá entre C y R en proporción directa al valor óhmico de cada componente.



Para la componente continua no existe tensión alguna en los extremos de R. Para la componente alterna. R y C se comportan como un divisor de tensión.

Puesto que la tensión alterna se reparte entre R y C, resulta evidente que la tensión que podamos medir en los extremos de la resistencia tendrá un valor algo menor que el que tiene la componente alterna de la tensión de placa, ya que parte de esta tensión se pierde en el condensador. Con este dispositivo, pues, perdemos algo de la amplificación conseguida por el triodo.

Sin embargo, la pérdida de tensión en el condensador puede hacerse prácticamente despreciable siempre que se elija un condensador de capacidad suficientemente grande, puesto que su reactancia (X_c) disminuye al aumentar la capacidad.

Supongamos que se trata de amplificar una tensión alterna cuya frecuencia es de 1000 c/s y que, para eliminar la componente continua de la tensión de placa, elegimos los siguientes valores para el grupo RC:

$$R = 1M\Omega = 1.000.000\ \Omega$$
$$C = 0'1\ \mu F = 0'000.000.1\ F$$

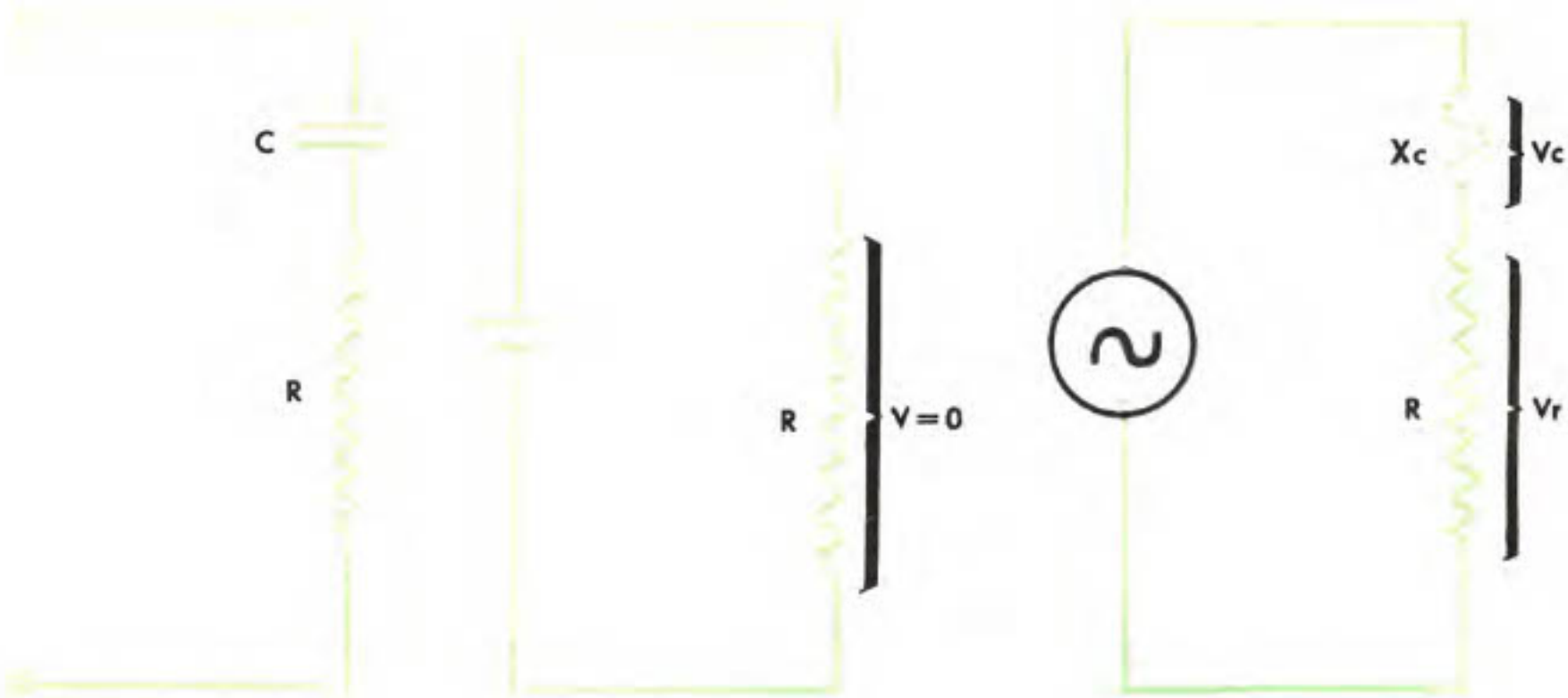
Para esta frecuencia la impedancia X_c del condensador será:

$$X_c = \frac{1}{6'28 \times f \times C} =$$

$$\frac{1}{6'28 \times 1000 \times 0'0000001} \sim 1592\ \Omega$$

Resulta que, en el divisor de tensión que forman la resistencia y el condensador, tenemos un valor óhmico de 1.000.000 de ohmios en la resistencia, contra 1592 ohmios en el condensador. Podemos decir que la resistencia es unas 600 veces mayor que la impedancia del condensador. Ante esta diferencia, la tensión que C pueda robar a la componente alterna de la tensión de placa es tan insignificante que podemos decir que en los extremos de R aparece prácticamente con la misma amplitud que tiene en la placa. Pero, eso sí, *desligada totalmente* de la componente continua, que es lo que nos habíamos propuesto conseguir.

Queda perfectamente explicado por qué con un grupo RC en serie obtenemos el mismo resultado práctico que con un transformador de n = 1: cualquiera que sea la forma de la tensión periódicamente variable que apliquemos a la entrada del amplificador, a su salida (extremos de la resistencia R) obtendremos tan sólo su componente alterna debidamente amplificada, que aparece *siempre* como una tensión alterna de valor medio nulo.



Para la componente continua no existe tensión alguna en los extremos de R. Para la componente alterna. R y C se comportan como un divisor de tensión.

Puesto que la tensión alterna se reparte entre R y C, resulta evidente que la tensión que podamos medir en los extremos de la resistencia tendrá un valor algo menor que el que tiene la componente alterna de la tensión de placa, ya que parte de esta tensión se pierde en el condensador. Con este dispositivo, pues, perdemos algo de la amplificación conseguida por el triodo.

Sin embargo, la pérdida de tensión en el condensador puede hacerse prácticamente despreciable siempre que se elija un condensador de capacidad suficientemente grande, puesto que su reactancia (X_C) disminuye al aumentar la capacidad.

Supongamos que se trata de amplificar una tensión alterna cuya frecuencia es de 1000 c/s y que, para eliminar la componente continua de la tensión de placa, elegimos los siguientes valores para el grupo RC:

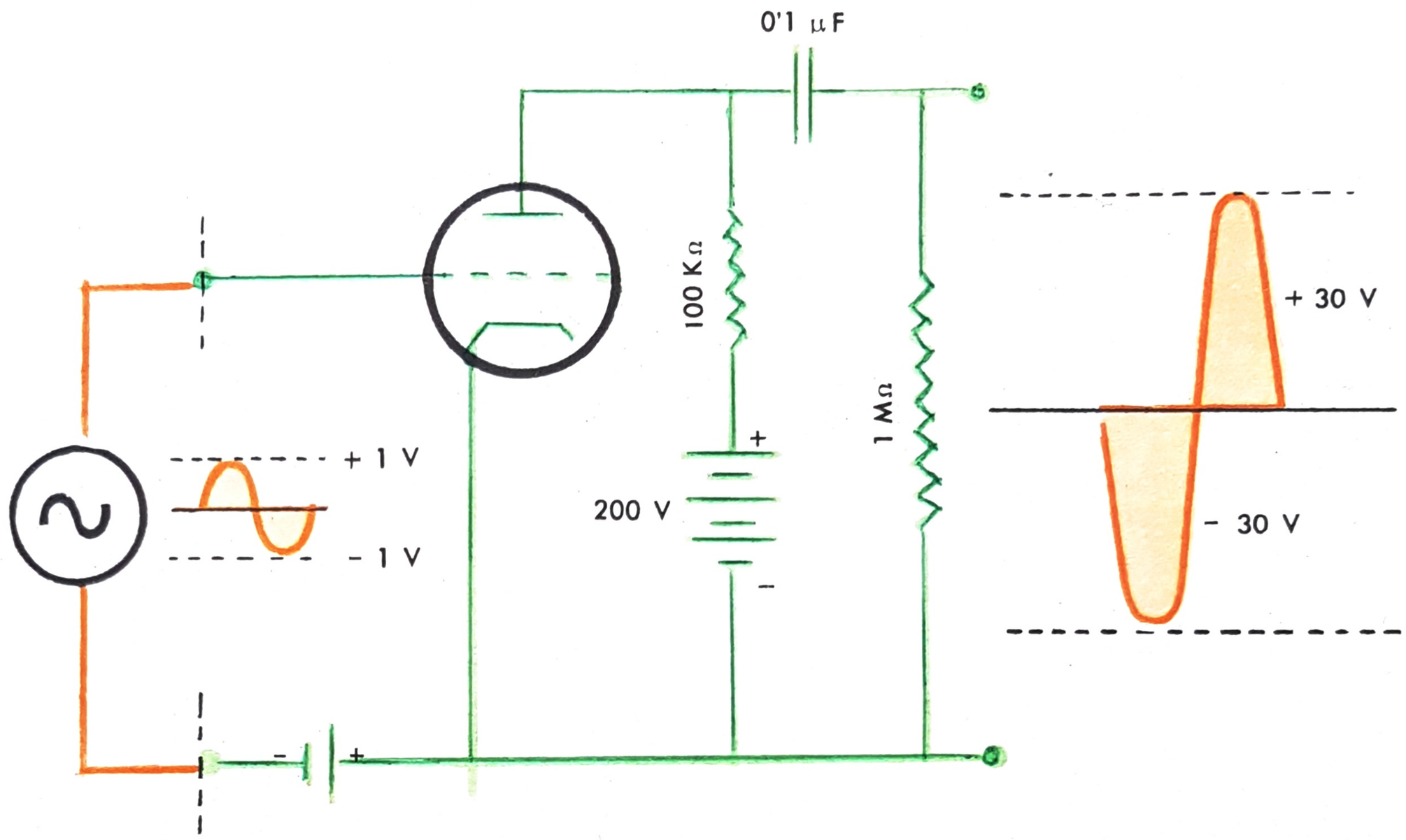
$$R = 1M\Omega = 1.000.000\ \Omega$$
$$C = 0'1\ \mu F = 0'000.000.1\ F$$

Para esta frecuencia la impedancia X_C del condensador será:

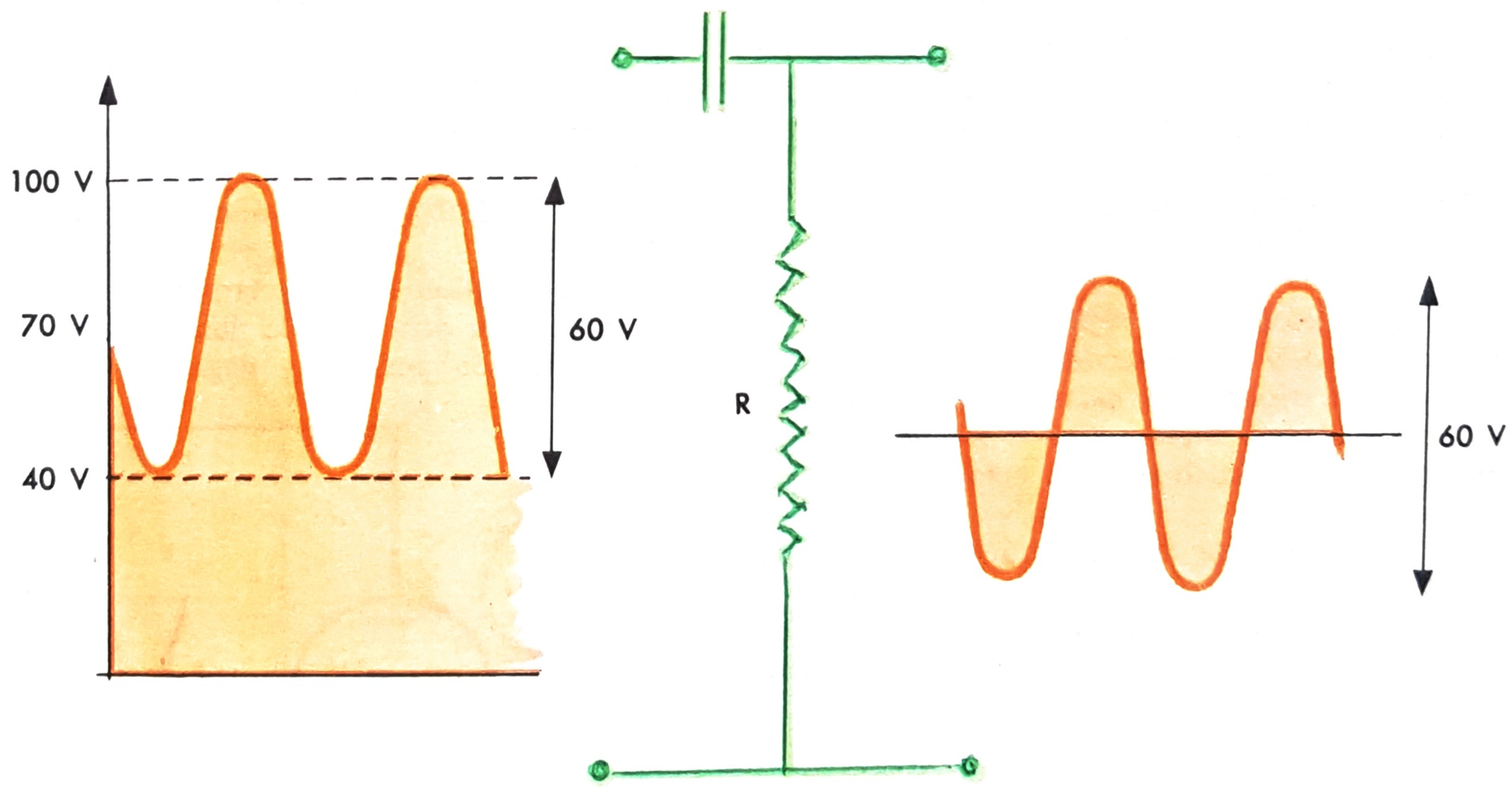
$$X_C = \frac{1}{6'28 \times f \times C} = \frac{1}{6'28 \times 1000 \times 0'0000001} \sim 1592\ \Omega$$

Resulta que, en el divisor de tensión que forman la resistencia y el condensador, tenemos un valor óhmico de 1.000.000 de ohmios en la resistencia, contra 1592 ohmios en el condensador. Podemos decir que la resistencia es una 600 veces mayor que la impedancia del condensador. Ante esta diferencia, la tensión que C pueda robar a la componente alterna de la tensión de placa es tan insignificante que podemos decir que en los extremos de R aparece prácticamente con la misma amplitud que tiene en la placa. Pero, eso sí, *desligada totalmente* de la componente continua, que es lo que nos habíamos propuesto conseguir.

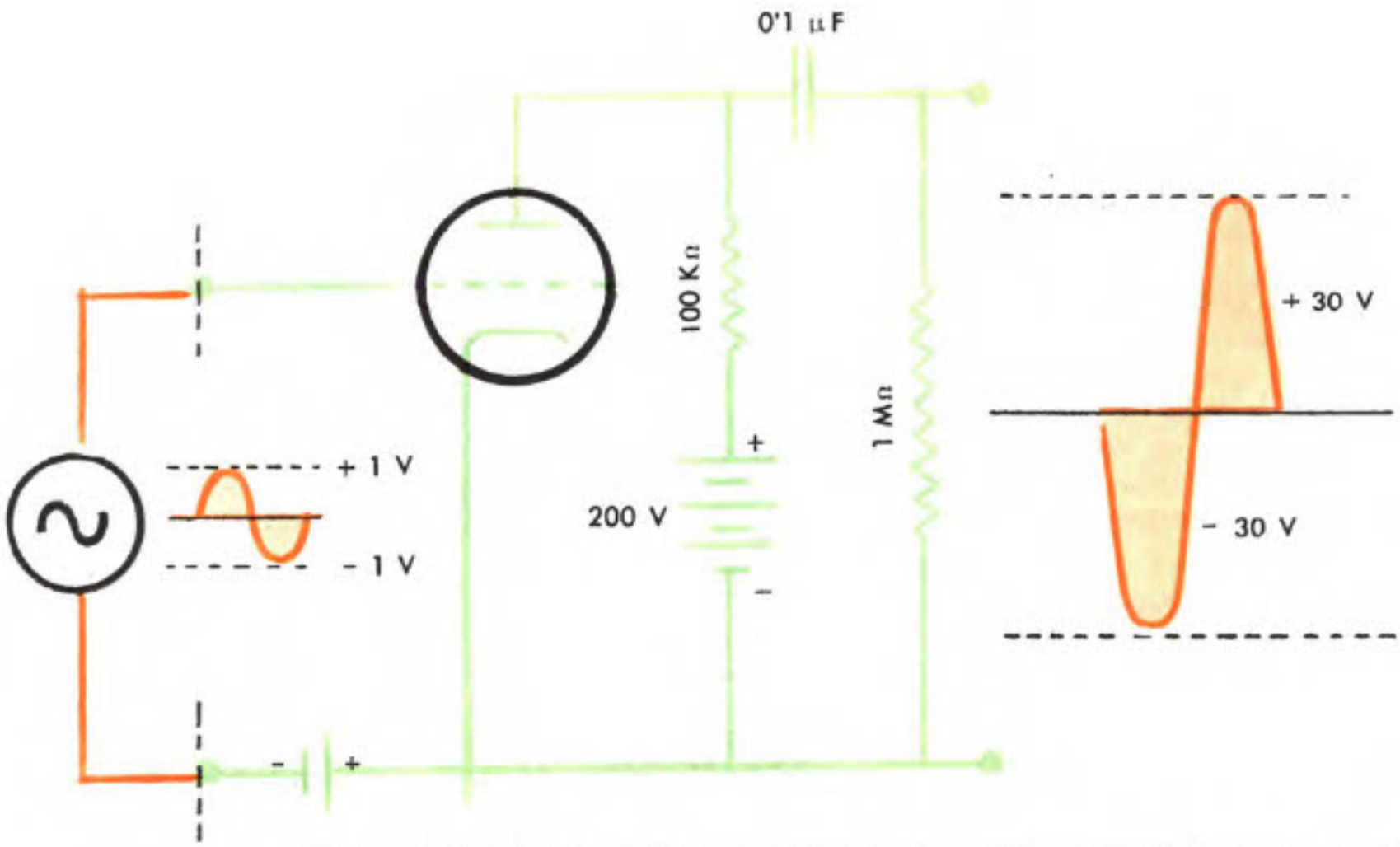
Queda perfectamente explicado por qué con un grupo RC en serie obtenemos el mismo resultado práctico que con un transformador de n = 1: cualquiera que sea la forma de la tensión periódicamente variable que apliquemos a la entrada del amplificador, a su salida (extremos de la resistencia R) obtendremos tan sólo su componente alterna debidamente amplificada, que aparece *siempre* como una tensión alterna de valor medio nulo.



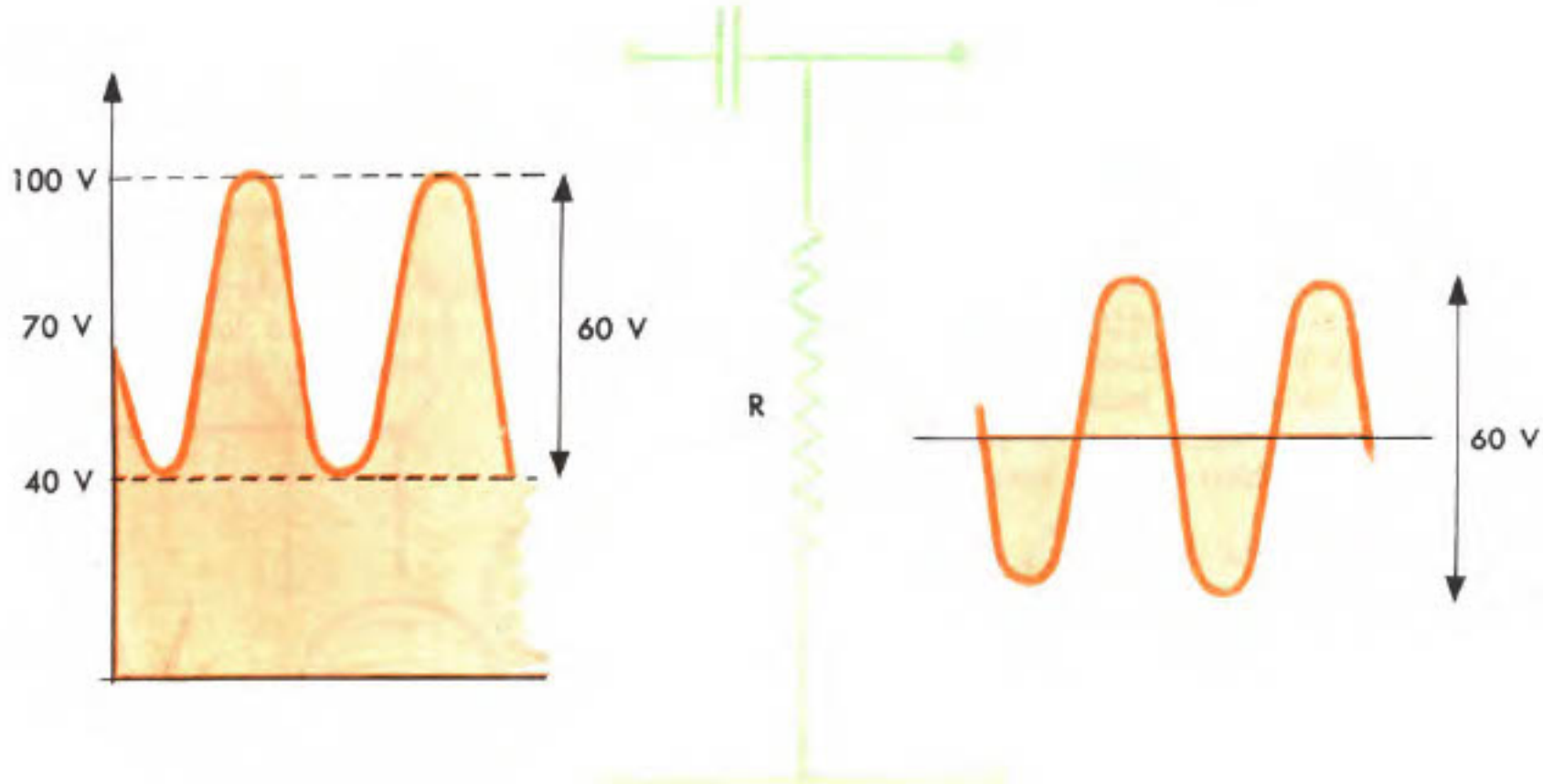
El grupo RC en serie elimina la componente continua de la tensión de placa. Observamos que a la salida del amplificador tenemos una tensión alterna. Advierta que la tensión amplificada está en oposición de fase respecto a la tensión de la entrada.



Terminamos este apartado haciendo hincapié en el hecho de que la capacidad del condensador C debe ser lo bastante elevada como para que su reactancia X_C a la frecuencia de la señal que se quiere amplificar sea muy pequeña comparada con el valor de la resistencia R. El valor de la reactancia V_c debe ser al menos diez veces menor que el de la resistencia.



El grupo RC en serie elimina la componente continua de la tensión de placa. Observamos que a la salida del amplificador tenemos una tensión alterna. Advierta que la tensión amplificada está en oposición de fase respecto a la tensión de la entrada.



Terminamos este apartado haciendo hincapié en el hecho de que la capacidad del condensador C debe ser lo bastante elevada como para que su reactancia X_C a la frecuencia de la señal que se quiere amplificar sea muy pequeña comparada con el valor de la resistencia R. El valor de la reactancia V_c debe ser al menos diez veces menor que el de la resistencia.

OPOSICION DE FASE ENTRE LAS TENSIONES DE PLACA Y REJILLA EN UN TRIODO

Un estudio comparativo entre dos corrientes de igual frecuencia puede llevarnos a una de estas tres conclusiones:

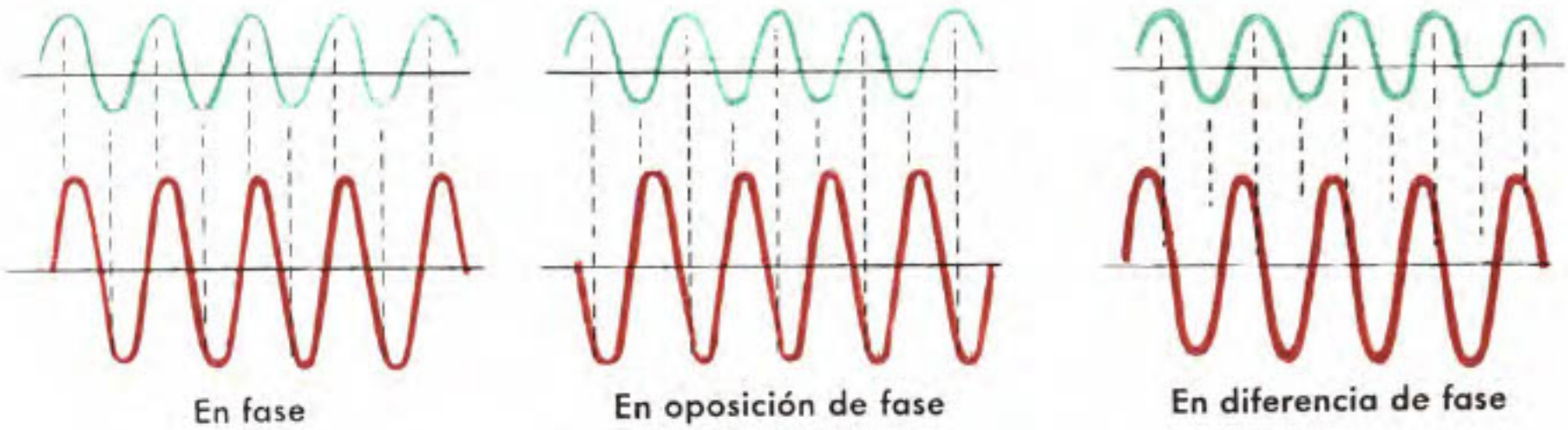
1.° Ambas tensiones alcanzan sus picos máximos y mínimos en el mismo instante. Decimos que ambas corrientes, o tensiones, ESTÁN EN FASE.

2.° En el instante en que una de las dos corrientes alcanza un valor máximo la otra alcanza un valor mínimo. En este caso, decimos que están en OPOSICIÓN DE FASE.

3.° Nos encontramos en cualquier caso intermedio: no hay concordancia alguna entre los valores de pico. Decimos que las corrientes están CON DIFERENCIA DE FASE, o simplemente que llevan un cierto DEFASE.

Pues bien: SUCEDE QUE LA TENSIÓN EN LA PLACA DE UN TRIODO ESTÁ EN OPOSICIÓN DE FASE CON LA TENSIÓN QUE APLICAMOS A LA REJILLA (V_g).

EN CAMBIO, LA INTENSIDAD EN LA PLACA ESTÁ EN FASE CON ELLA.



Hemos dejado indicada esta circunstancia en el gráfico del amplificador; por otra parte, un razonamiento muy sencillo nos conduce a la misma conclusión.

Veamos este razonamiento:

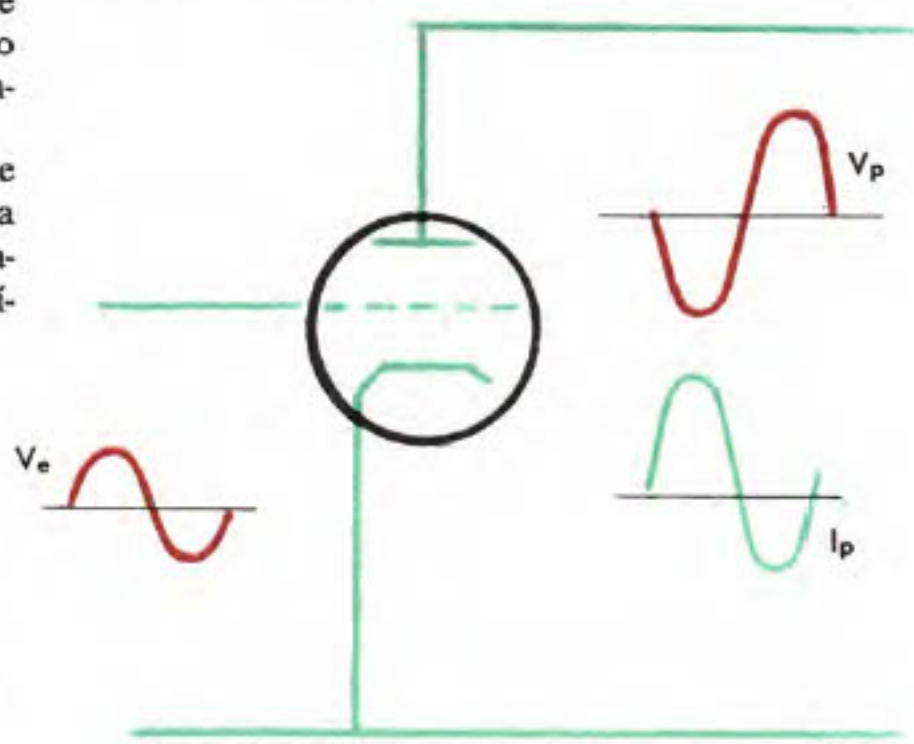
En el instante en que la tensión del oscilador o generador de tensiones alternas alcance un *valor de pico positivo*, la rejilla tendrá su *menor valor negativo*, y en consecuencia la intensidad I_p a través del triodo será *máxima*. Basta con que repase las ideas básicas sobre el funcionamiento del triodo termoiónico (lección octava) para comprenderlo.

Pero a este valor máximo de I_p corresponde forzosamente la máxima caída de potencial en la resistencia de carga. Y como la tensión de placa V_p es la tensión de la batería menos esta caída de potencial, es evidente que será en este momento cuando V_p tendrá un valor mínimo.

Resumiendo, diremos que A UN MÁXIMO DE V_g CORRESPONDE UN MÁXIMO DE I_p Y UN MÍNIMO DE V_p.

Hemos simbolizado gráficamente estos resultados.

Esta cuestión tendrá verdadero interés cuando hablemos otra vez de los fenómenos de la realimentación positiva y negativa.



Para un valor máximo de V_g es máximo el de I_p y mínimo el de V_p. Hemos dibujado sólo las componentes alternas, como únicas interesantes al caso.

SUPRESION DE LA BATERIA DE POLARIZACION B_c

Es rarísimo encontrar un amplificador de intensidad o de tensión que funcione con baterías, ya que resulta mucho más práctico sustituirlas por un grupo rectificador con filtro. Por tanto, aunque en los esquemas que acompañan estas explicaciones se ha dibujado una batería de placa B_a de 200 V ó 100 V, suponemos que se ha sobrentendido que en la práctica esta batería se sustituye por la fuente de alimentación que hemos estudiado en lecciones pasadas, la cual se encargará también de suministrar la tensión alterna que se precisa para el caldeo del filamento de la válvula.

Pero en esta fuente de alimentación no disponemos de una tensión negativa constante de —1 V, sin la cual debemos seguir recurriendo al uso de una pila que suministre la tensión de polarización de rejilla.

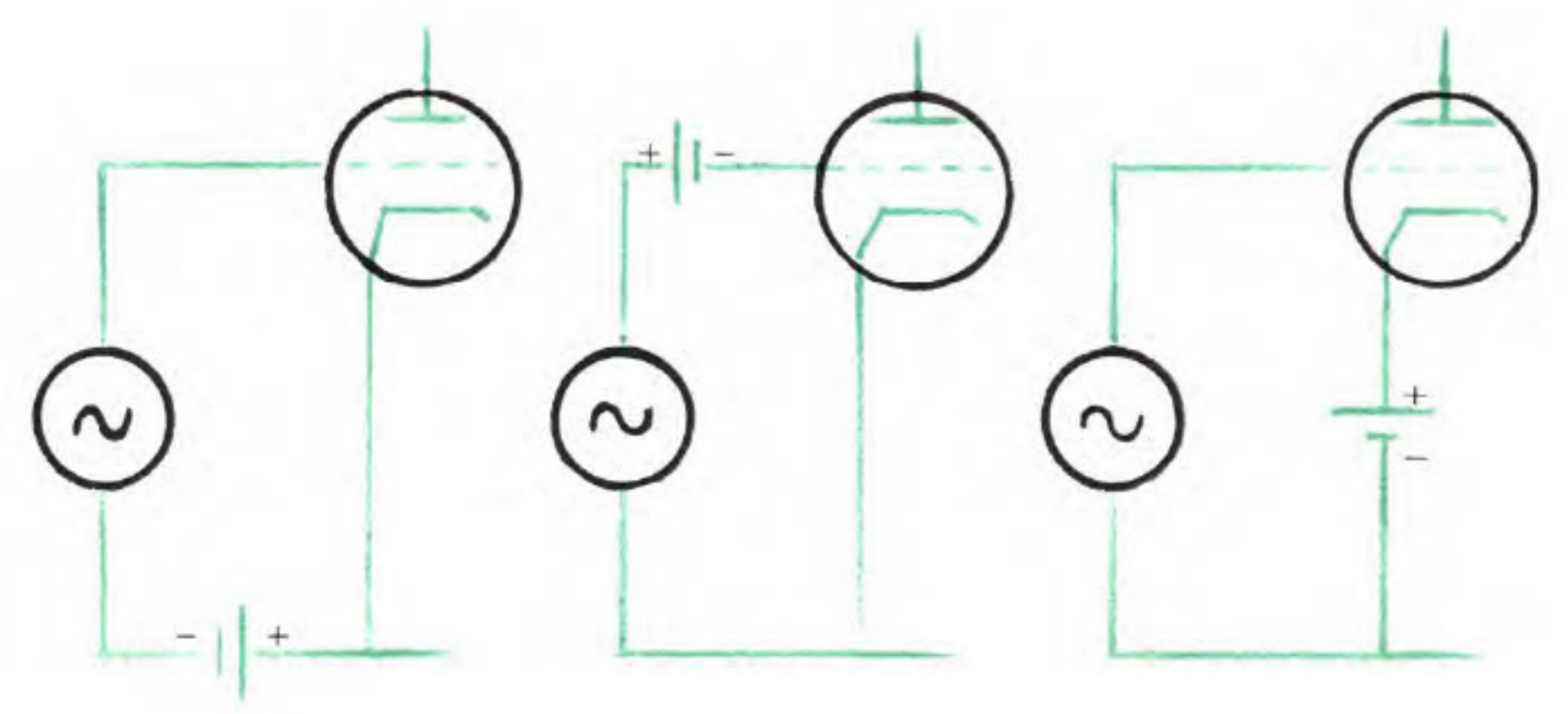
Emplear una pila es un engorro, pese a que su desgaste puede considerarse nulo debido a que por el circuito de rejilla no pasa corriente. Una pila, en efecto, abulta más que las resistencias y condensadores comúnmente empleados en radio, circunstancia que, si bien representa una pérdida de espacio poco grave en montajes con una sola válvula, llegaría a ser un grave inconveniente en montajes con dos, tres o más válvulas.

Por otra parte, pese a que una pila de polarización no suministre corriente, tiene una duración muy limitada debido a que su electrólito se altera con el tiempo, lo que ocurriría muy rápidamente en esta aplicación por razón del calor desprendido por las válvulas.

Total: que debemos encontrar la manera de sustituir la batería de polarización de rejilla por algún elemento o grupo de elementos que produzcan los mismos efectos.

¿Qué efectos son éstos...? Es muy importante que nos fijemos en un detalle. En realidad, lo que debemos conseguir, por el sistema que sea, es que la rejilla tenga cierto potencial negativo respecto al cátodo, potencial que venimos cifrando en 1 V. Esto no quiere decir que la tensión de rejilla debe ser precisamente de —1 V, sino que representa la necesidad de que esta tensión V_g sea más negativa que la tensión en el cátodo, precisamente en la cuantía de 1 V.

Para conseguirlo, es indiferente la posición que demos a B_c mientras cumpla con la condición imprescindible de tener su borne positivo conectado directa o indirectamente al cátodo y, por lo tanto, el negativo conectado a rejilla.



Nuestro amplificador funcionará exactamente igual en cualquiera de estos tres casos.

Ahora bien; que los efectos sean los mismos no quiere decir que B_c trabaje en las mismas condiciones. Para nuestros fines nos interesa considerar la tercera de las posiciones que en el gráfico hemos dado a la batería de polarización, en la cual dicha batería es atravesada por la corriente de placa, a diferencia de lo que ocurre en las otras posiciones.

Para simplificar, vamos a suponer que, por el momento, hemos suprimido el generador de tensión alterna con lo cual, la corriente I_p será fija y de 1'3 mA.

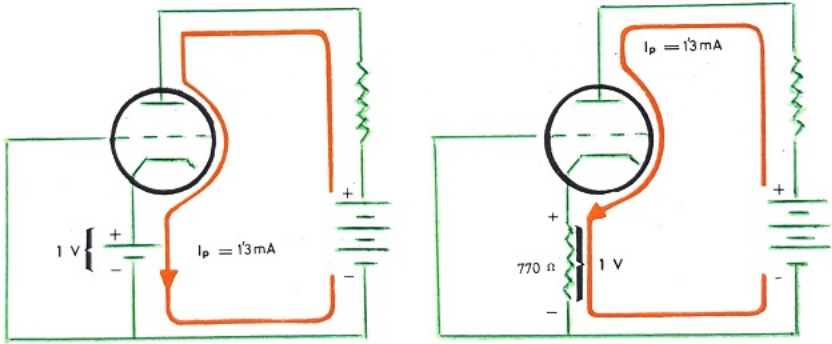
En estas condiciones, ¿qué ocurrirá si sustituimos la pila de 1 V por una resistencia de 770 Ω?

La respuesta es: TODO SIGUE IGUAL.

En efecto: la corriente de 1'3 mA, al circular a través de la resistencia de 770 Ω, crea en sus extremos una d.d.p. cuyo valor es,

$$V = R \times I = 770 \times 0'0012 \simeq 1 \text{ V}$$

Además, puesto que la corriente eléctrica circula por la resistencia desde el cátodo hacia abajo (fíjese en que hablamos de corriente eléctrica y no de corriente electrónica), es evidente que el terminal positivo será el conectado al cátodo y el negativo el conectado a la rejilla. *La rejilla, pues, sigue teniendo un potencial negativo de 1 voltio respecto al cátodo.*



Al sustituir la batería de polarización por una resistencia de 770 Ω, la rejilla sigue con un potencial negativo de 1 V respecto al cátodo.

Pero recordemos que hay una tensión alterna a amplificar, y que por lo mismo no podemos prescindir del generador de tensión alterna al analizar esta cuestión. Vamos a incorporarlo de nuevo al montaje, ya sin batería de polarización y con la resistencia de 770 Ω que la reemplaza.

Ahora las cosas han cambiado, puesto que la intensidad I_p es variable. Cuando esta intensidad disminuya, también disminuirá la tensión de 1 V que había en la resistencia, aumentando cuando I_p aumente.

En otras palabras: al aplicar a la rejilla del triodo la tensión que deseamos amplificar, también varía la tensión entre los extremos de la resistencia de 770 Ω, lo que no entra en nuestros cálculos, puesto que nos interesa que esta tensión se mantenga constante en 1 V, única forma de que la resistencia pueda sustituir a la pila de polarización.

La manera de evitar las variaciones de tensión en la resistencia es sencilla: consiste, simplemente, en colocar un condensador en paralelo con la resistencia.

Ya sabemos que el efecto de la capacidad evita las variaciones de tensión entre los puntos del circuito a que se conecta.

Ahora bien; que los efectos sean los mismos no quiere decir que B_c trabaje en las mismas condiciones. Para nuestros fines nos interesa considerar la tercera de las posiciones que en el gráfico hemos dado a la batería de polarización, en la cual dicha batería es atravesada por la corriente de placa, a diferencia de lo que ocurre en las otras posiciones.

Para simplificar, vamos a suponer que, por el momento, hemos suprimido el generador de tensión alterna con lo cual, la corriente I_p será fija y de 1'3 mA.

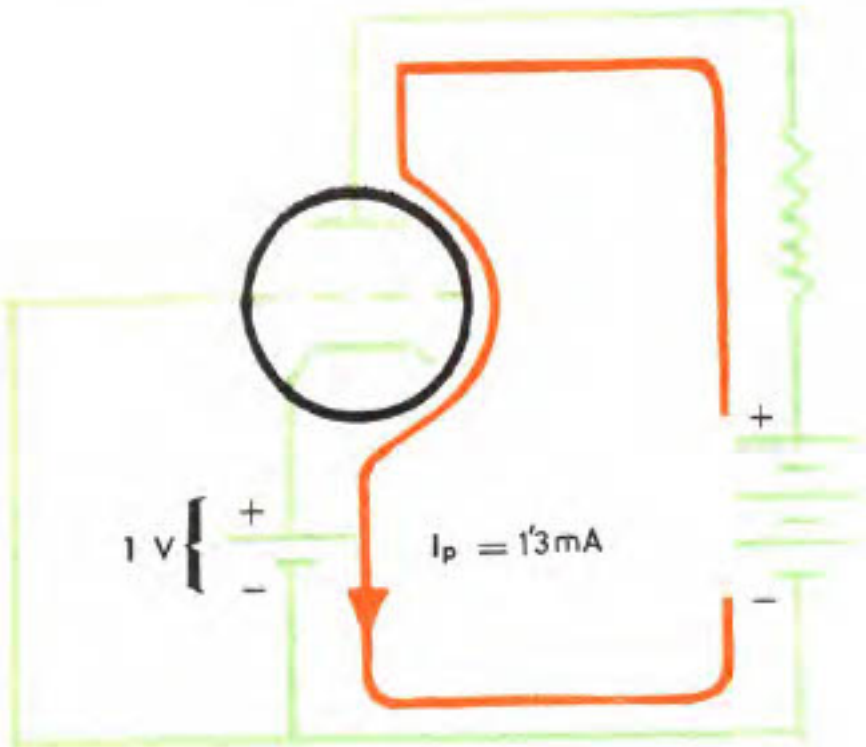
En estas condiciones, ¿qué ocurrirá si sustituimos la pila de 1 V por una resistencia de 770 Ω?

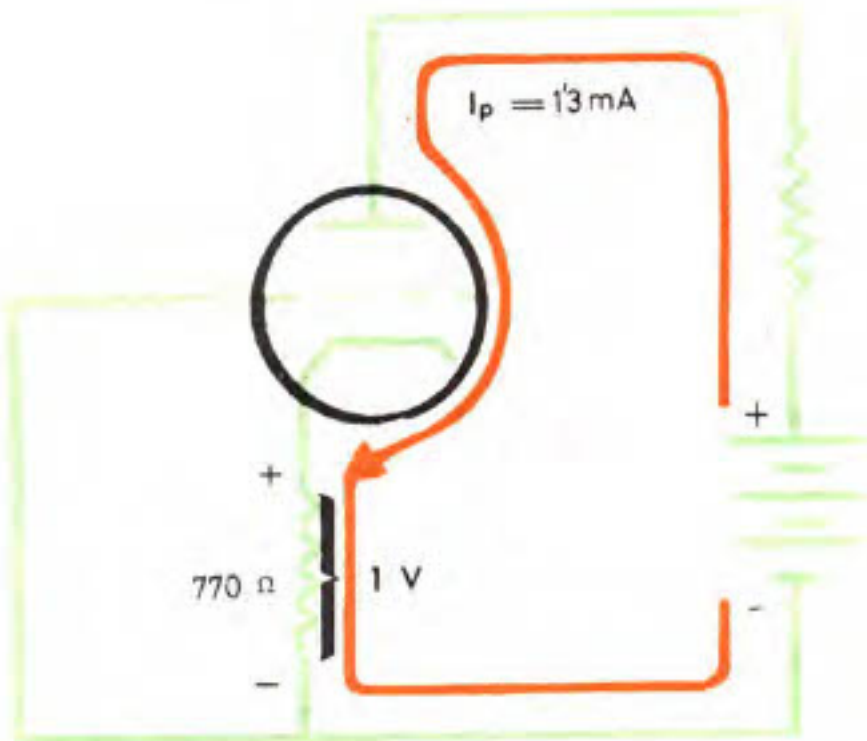
La respuesta es: TODO SIGUE IGUAL.

En efecto: la corriente de 1'3 mA, al circular a través de la resistencia de 770 Ω, crea en sus extremos una d.d.p. cuyo valor es,

$$V = R \times I = 770 \times 0'0012 \simeq 1 \text{ V}$$

Además, puesto que la corriente eléctrica circula por la resistencia desde el cátodo hacia abajo (fíjese en que hablamos de corriente eléctrica y no de corriente electrónica), es evidente que el terminal positivo será el conectado al cátodo y el negativo el conectado a la rejilla. *La rejilla, pues, sigue teniendo un potencial negativo de 1 voltio respecto al cátodo.*





Al sustituir la batería de polarización por una resistencia de 770 Ω, la rejilla sigue con un potencial negativo de 1 V respecto al cátodo.

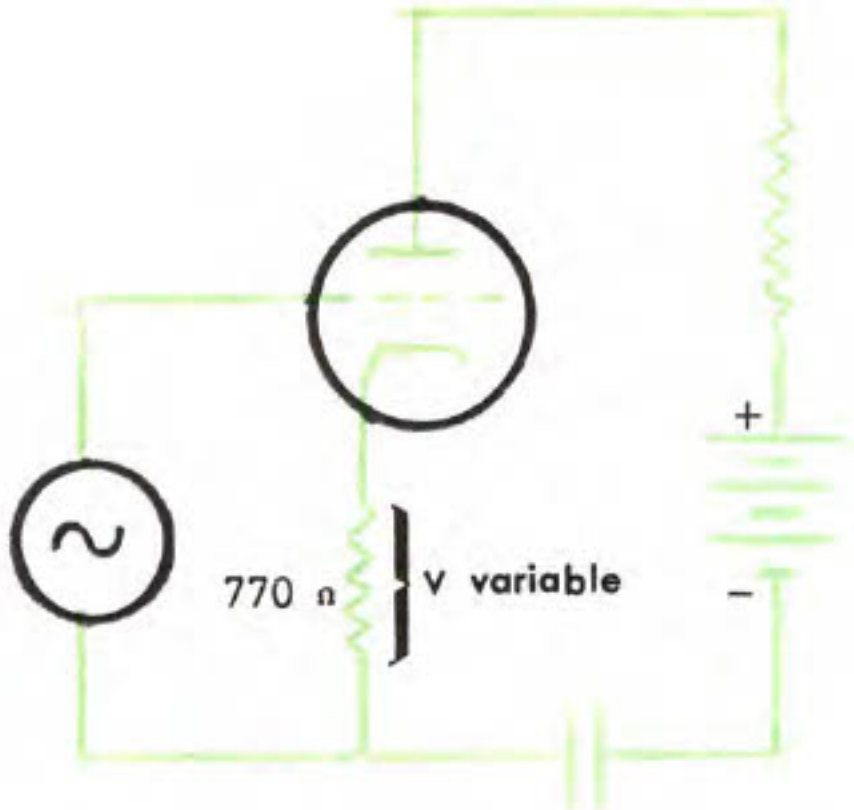
Pero recordemos que hay una tensión alterna a amplificar, y que por lo mismo no podemos prescindir del generador de tensión alterna al analizar esta cuestión. Vamos a incorporarlo de nuevo al montaje, ya sin batería de polarización y con la resistencia de 770 Ω que la reemplaza.

Ahora las cosas han cambiado, puesto que la intensidad I_p es variable. Cuando esta intensidad disminuya, también disminuirá la tensión de 1 V que había en la resistencia, aumentando cuando I_p aumente.

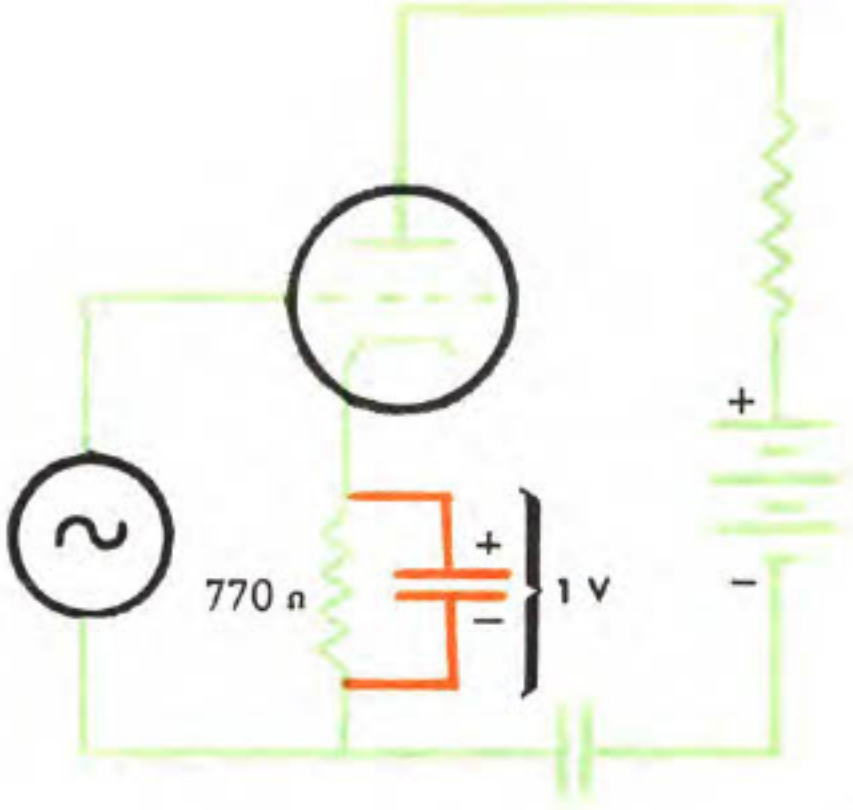
En otras palabras: al aplicar a la rejilla del triodo la tensión que deseamos amplificar, también varía la tensión entre los extremos de la resistencia de 770 Ω, lo que no entra en nuestros cálculos, puesto que nos interesa que esta tensión se mantenga constante en 1 V, única forma de que la resistencia pueda sustituir a la pila de polarización.

La manera de evitar las variaciones de tensión en la resistencia es sencilla: consiste, simplemente, en colocar un condensador en paralelo con la resistencia.

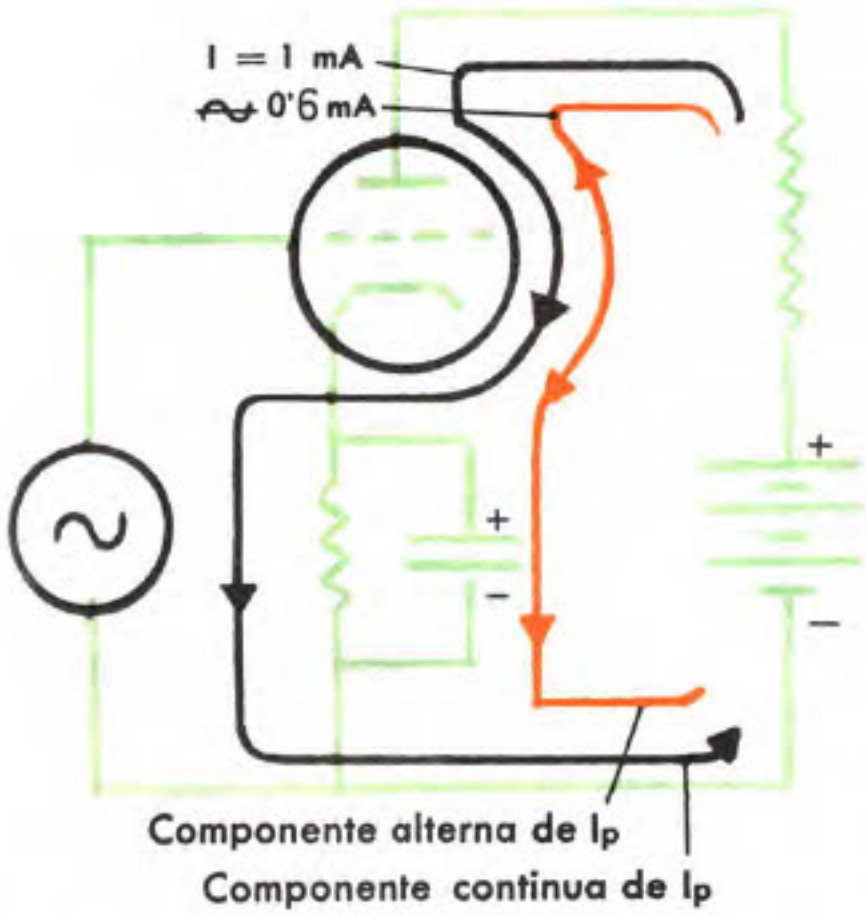
Ya sabemos que el efecto de la capacidad evita las variaciones de tensión entre los puntos del circuito a que se conecta.



En estas condiciones la tensión en la resistencia sería variable, como lo es la intensidad I_p.



Cuando el condensador tiene suficiente capacidad, la tensión en la resistencia será siempre de 1 V a pesar de que I_p sea variable.



Mientras no aplicamos a la rejilla la tensión alterna a amplificar, la corriente de placa es fija (1'3 mA) y pasa enteramente a través de la resistencia de 770 Ω, ya que, por ser una corriente continua, no puede hacerlo a través del condensador.

Ahora bien, al sumar a esta corriente de 1,3 mA una corriente alterna de 0'6 mA de valor entre picos (vea, por favor, el gráfico de la página 157 y compruebe este valor), el circuito de placa se ve afectado por una corriente continua variable cuyos valores oscilan entre 1 mA y 1'6 mA corriente que pasará por la resistencia y por el condensador en una proporción que viene marcada por el valor de la primera y la reactancia del segundo.

Es decir: si elegimos un condensador de gran capacidad, de forma que su reactancia a la frecuencia de la componente alterna de la corriente de placa sea muy inferior a los 770 Ω que tiene la resistencia, está claro que esta corriente circulará casi en su totalidad a través del condensador. Es decir: la corriente que pase por la resistencia será, prácticamente, sólo la componente continua de la corriente de placa, cuyo valor hemos cifrado en 1'3 mA. Por tanto, será la componente continua la que mantenga la d.d.p. entre los bornes de la resistencia constantemente en 1 V... o máxime con ligerísimas variaciones, prácticamente despreciables.

Repetimos que el correcto funcionamiento de este sistema depende del hecho de que X_c (reactancia del condensador) resulte mucho menor que el valor de R; por ejemplo, unas cien veces menos. Eso sería lo ideal; que $X_c = R/100$; pero en ocasiones, por motivos de economía, deberemos contentarnos con una relación menos elevada.

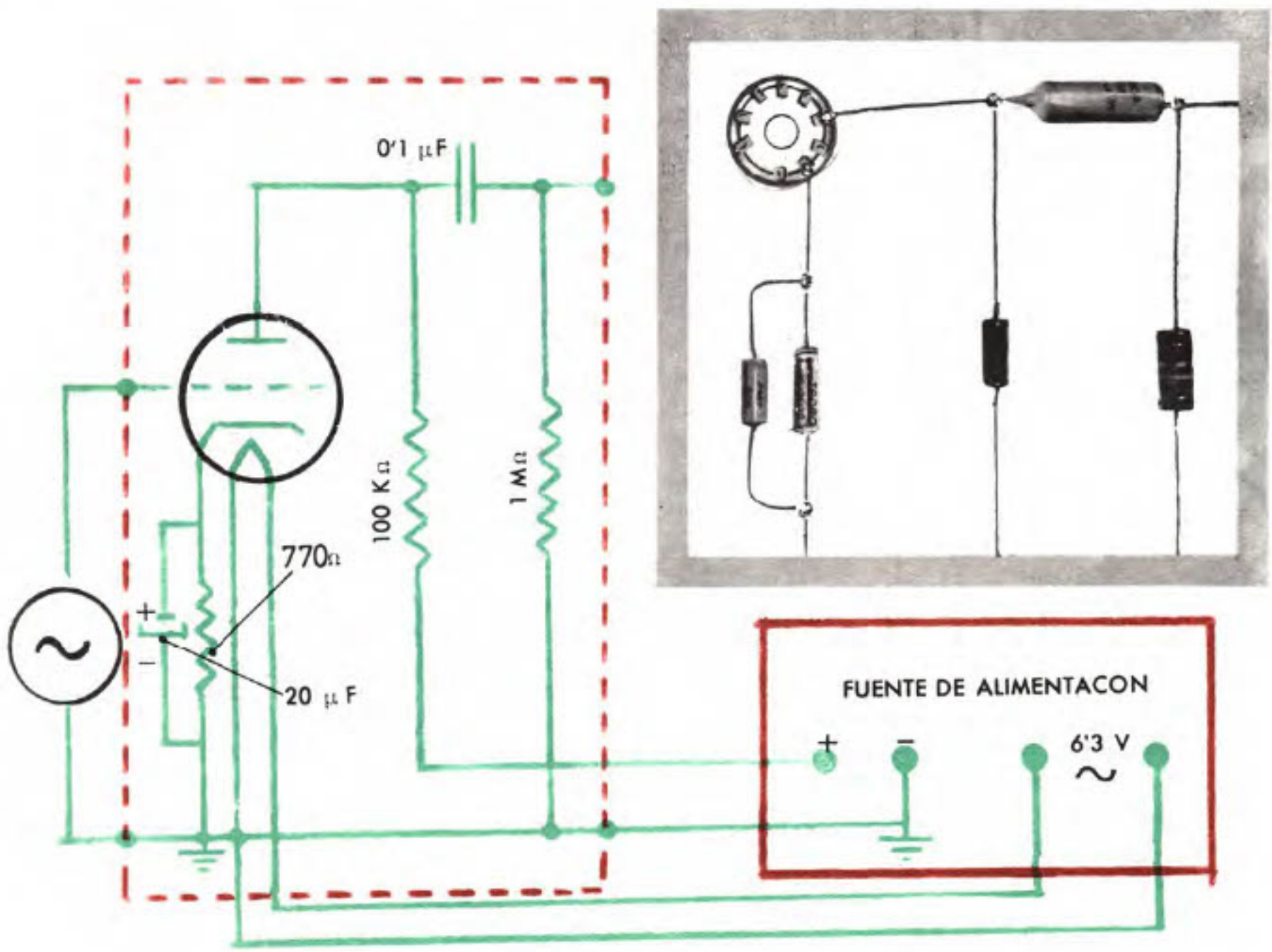
Según esto, cuando se trate de amplificar una tensión alterna de 1000 c/s (es un ejemplo) el valor adecuado para el condensador sería de 20 μF, ya que a esta frecuencia su impedancia sería aproximadamente 8 Ω. Es decir; unas cien veces menor que R.

La resistencia y el condensador a que venimos refiriéndonos reciben el nombre de *resistencia y condensador de cátodo;* y el sistema de conseguir con ellos la polarización de la válvula se conoce por *polarización por cátodo.*

Por lo general, estos condensadores de cátodo son un valor bastante grande (algunos μF). Es lógico, pues, que para un sistema de polarización por cátodo el condensador que se emplee, sea del tipo electrolítico, para evitar un volumen excesivo.

Tratándose de un condensador electrolítico, debe cuidarse que su polo positivo esté conectado al cátodo y el negativo al otro extremo de la resistencia. Este punto, además, debe conectarse a la masa del chasis.

Hemos llegado a la supresión total de las baterías de alimentación y de polarización. Hemos sustituido la primera por un grupo de resistencia-condensador en paralelo; la segunda, por una fuente de alimentación con sistema de rectificación y filtro.



La fuente de alimentación proporciona la tensión inicial de placa y la tensión para el caldeo del filamento. El recuadro limita lo que es un típico amplificador de tensión en el que se han eliminado todas las baterías.

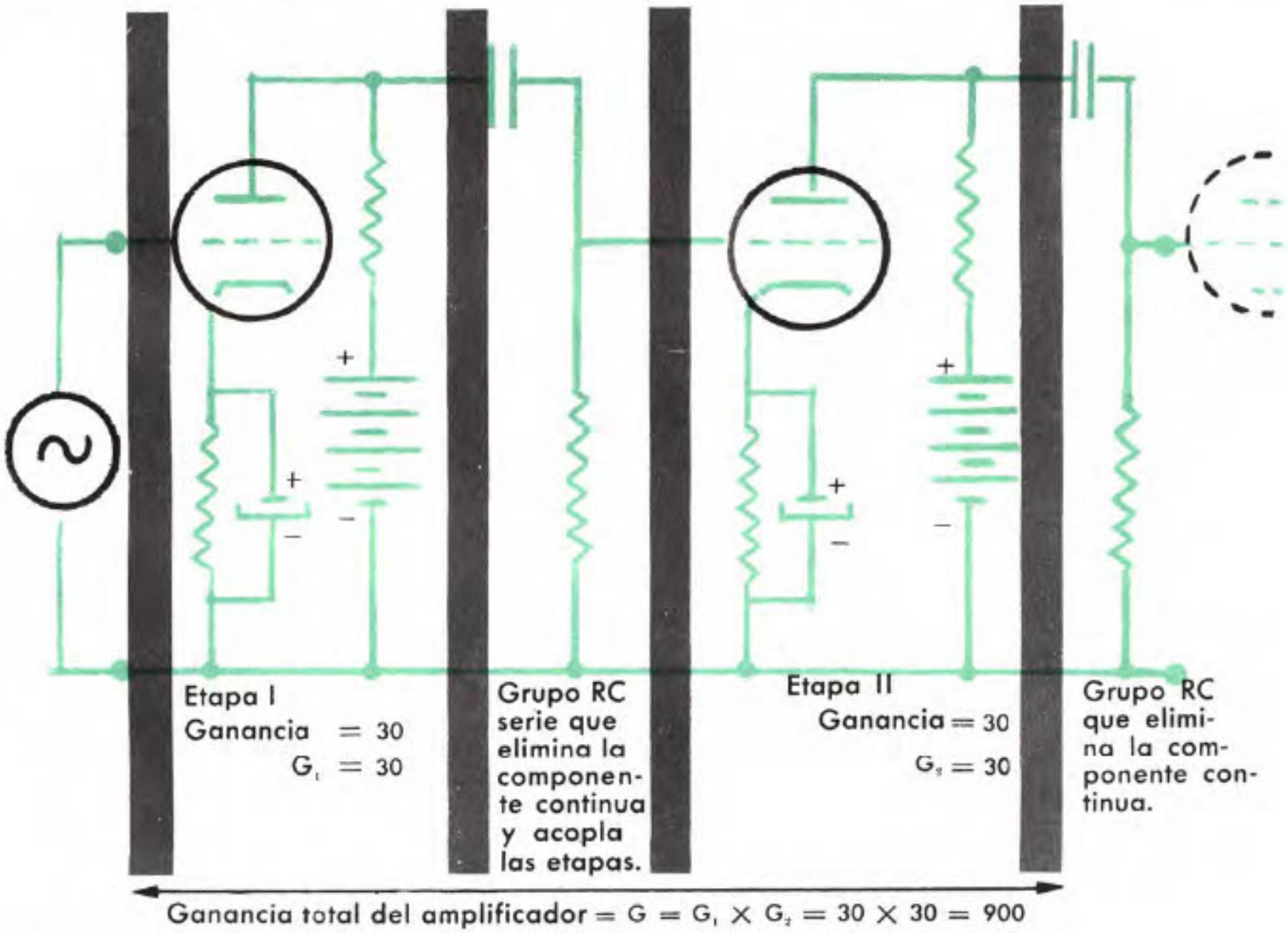
AMPLIFICADOR DE TENSION EN CASCADA

En determinadas ocasiones puede ocurrir que la amplificación conseguida con un solo triodo resulte insuficiente para los fines que perseguimos. Que tal ocurra, depende en mucho del valor de la señal aplicada a la entrada del amplificador. Si, en nuestro amplificador, cuya ganancia cifrábamos en G = 30, encontrásemos una señal de entrada de 0'066 V en vez de los 2 V con que venimos trabajando, es evidente que para obtener una tensión de salida de 60 V de pico a pico la ganancia del amplificador (G = 30) sería insuficiente, ya que con 0'066 V de tensión de entrada precisamos un aumento de 900 veces para alcanzar los 60 V propuestos para la salida.

Para conseguir esta amplificación (900 veces) podemos disponer dos amplificadores con triodo dispuestos según un montaje conocido por el nombre de AMPLIFICADOR EN CASCADA.

Se trata, sencillamente, de aplicar la tensión que aparece a la entrada de la resistencia del grupo RC del primer amplificador a la rejilla del segundo triodo.

Lo verá sin dificultad en el esquema.



Amplificador de tensión con dos triodos en cascada. En este esquema indicamos la separación entre cada una de las etapas.

Se comprende que si el primer triodo amplifica 30 veces la tensión que recibe, esta tensión pasará de 0'066 V a 0'066 × 30 ≃ 2 V de salida. Y puesto que estos 2 V se aplican a la rejilla del segundo triodo, será nuevamente amplificada 30 veces más (la ganancia de cada amplificador parcial es G = 30), con lo cual a la salida del amplificador en cascada tendremos los 60 V previstos.

La cascada, naturalmente, puede estar formada por más de dos triodos, cada uno de los cuales constituye lo que se llama un *paso* o *etapa* del amplificador total. Resulta evidente que la ganancia de un amplificador en cascada es el producto de las ganancias parciales, o sea, de las ganancias que se obtienen en cada paso:

$$G = G_1 \times G_2 \times G_3 \times \ldots \times G_n$$

Si, por ejemplo, un amplificador está formado por tres etapas, la primera de las cuales tiene una ganancia $G_1 = 10$, la segunda es $G_2 = 20$ y la tercera $G_3 = 5$, la ganancia total del amplificador será:

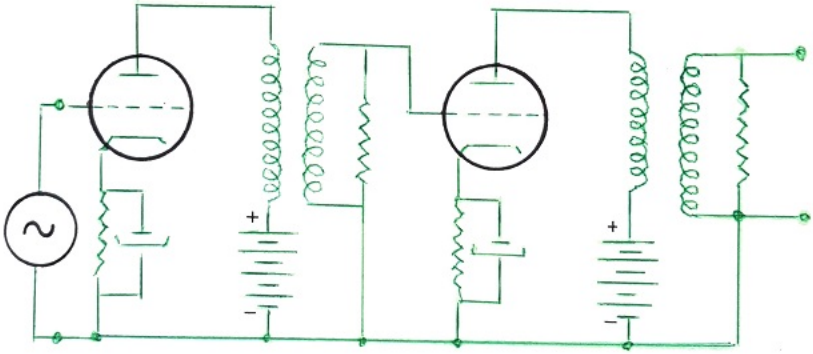
$$G = 10 \times 20 \times 5 = 1000$$

ACOPLAMIENTO POR RESISTENCIA-CAPACIDAD Y ACOPLAMIENTO POR TRANSFORMADOR

En el esquema de amplificador en cascada que hemos dibujado se advierte que el grupo RC que elimina la componente continua de la tensión de placa de la primera etapa es, además, el lazo de unión o de acoplamiento entre ella y la etapa siguiente. Por ello decimos que las dos etapas ESTÁN ACOPLADAS POR RESISTENCIA-CAPACIDAD.

También es posible, claro, eliminar la componente continua de cada etapa por medio de un transformador, en cuyo caso el amplificador de tensión en cascada será CON ACOPLAMIENTO POR TRANSFORMADOR.

En estos amplificadores de tensión, además de la ganancia debida a cada triodo, debe contarse con la que pueda proporcionar cada uno de los transformadores de acoplamiento, considerándolos al respecto como si fuesen otras tantas etapas del amplificador.



Amplificador de tensión de dos etapas acopladas por transformador.

POLARIZACION POR ESCAPE DE REJILLA

Imaginamos que usted, después de haber estudiado la forma de suprimir las baterías de un amplificador por medio de la fuente de alimentación (tensión inicial de placa) y de la resistencia y condensador de cátodo (tensión de polarización de rejilla), se llevaría una sorpresa si le presentasen un amplificador de tensión con acoplamiento por resistencia-condensador sin batería de polarización y sin condensador y resistencia de cátodo.

Sin embargo, esta variante se da a veces:

Desaparecen el condensador y la resistencia de cátodo; pero, en cambio, aumenta notablemente el valor de la resistencia del grupo RC, que alcanza de 6 a 10 MΩ.

Así, pues, haciendo que esta resistencia alcance un valor comprendido entre los 6 y 10 MΩ, ambos inclusive, ¿podemos suprimir la polarización por cátodo...? La respuesta es afirmativa, aunque su aplicación sólo pueda aceptarse con ciertas reservas.

Si, por ejemplo, un amplificador está formado por tres etapas, la primera de las cuales tiene una ganancia $G_1 = 10$, la segunda es $G_2 = 20$ y la tercera $G_3 = 5$, la ganancia total del amplificador será:

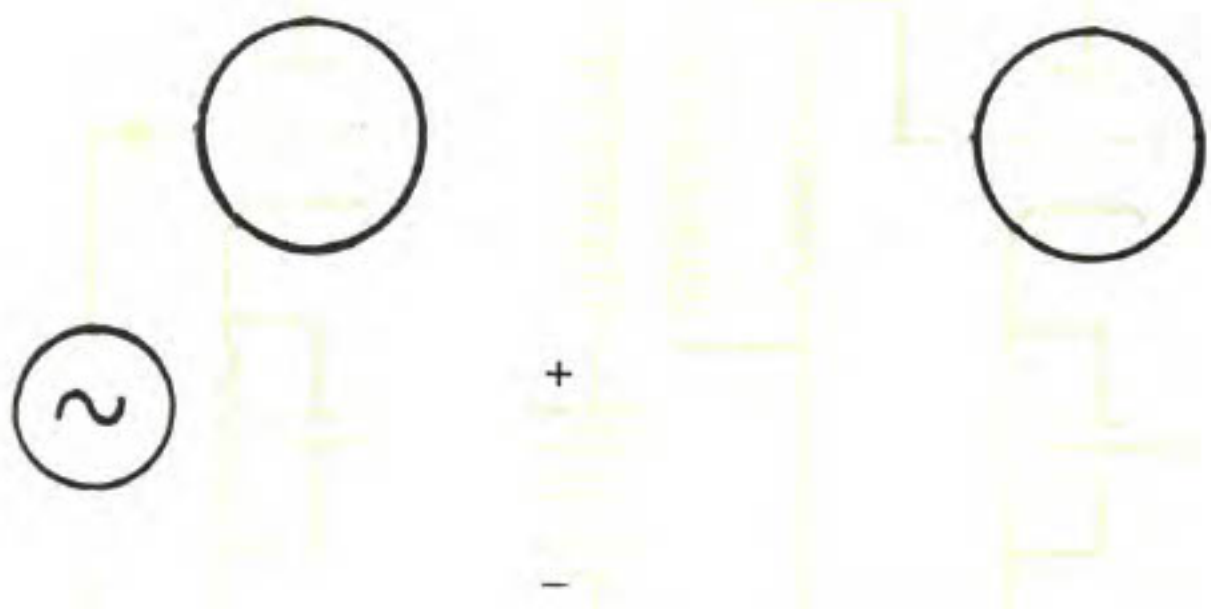
$$G = 10 \times 20 \times 5 = 1000$$

ACOPLAMIENTO POR RESISTENCIA - CAPACIDAD Y ACOPLAMIENTO POR TRANSFORMADOR

En el esquema de amplificador en cascada que hemos dibujado se advierte que el grupo RC que elimina la componente continua de la tensión de placa de la primera etapa es, además, el lazo de unión o de acoplamiento entre ella y la etapa siguiente. Por ello decimos que las dos etapas ESTÁN ACOPLADAS POR RESISTENCIA-CAPACIDAD.

También es posible, claro, eliminar la componente continua de cada etapa por medio de un transformador, en cuyo caso el amplificador de tensión en cascada será CON ACOPLAMIENTO POR TRANSFORMADOR.

En estos amplificadores de tensión, además de la ganancia debida a cada triodo, debe contarse con la que pueda proporcionar cada uno de los transformadores de acoplamiento, considerándolos al respecto como si fuesen otras tantas etapas del amplificador.



Amplificador de tensión de dos etapas acopladas por transformador.

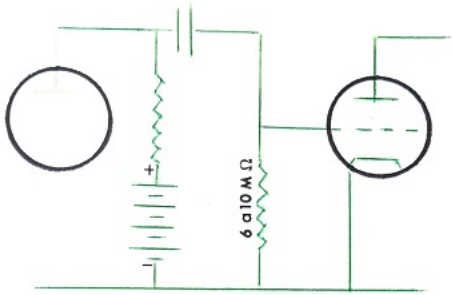
POLARIZACION POR ESCAPE DE REJILLA

Imaginamos que usted, después de haber estudiado la forma de suprimir las baterías de un amplificador por medio de la fuente de alimentación (tensión inicial de placa) y de la resistencia y condensador de cátodo (tensión de polarización de rejilla), se llevaría una sorpresa si le presentasen un amplificador de tensión con acoplamiento por resistencia-condensador sin batería de polarización y sin condensador y resistencia de cátodo.

Sin embargo, esta variante se da a veces:

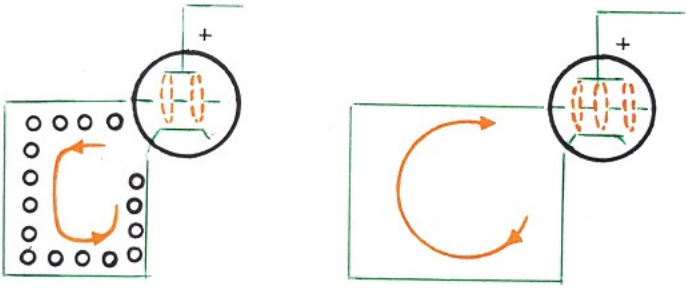
Desaparecen el condensador y la resistencia de cátodo; pero, en cambio, aumenta notablemente el valor de la resistencia del grupo RC, que alcanza de 6 a 10 MΩ.

Así, pues, haciendo que esta resistencia alcance un valor comprendido entre los 6 y 10 MΩ, ambos inclusive, ¿podemos suprimir la polarización por cátodo...? La respuesta es afirmativa, aunque su aplicación sólo pueda aceptarse con ciertas reservas.

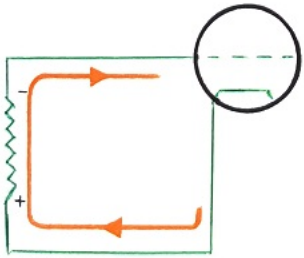


La razón de esta posibilidad debe buscarse en la lección octava, allí donde se explica el funcionamiento del triodo.

Recuerde que si la rejilla es negativa no hay prácticamente corriente en el circuito de rejilla, ya que los electrones se ven rechazados por ella. Sin embargo, los electrones que chocan directamente con la rejilla originan una debilísima *corriente electrónica* que circula, por el exterior del triodo, de la rejilla hacia el cátodo, lo que

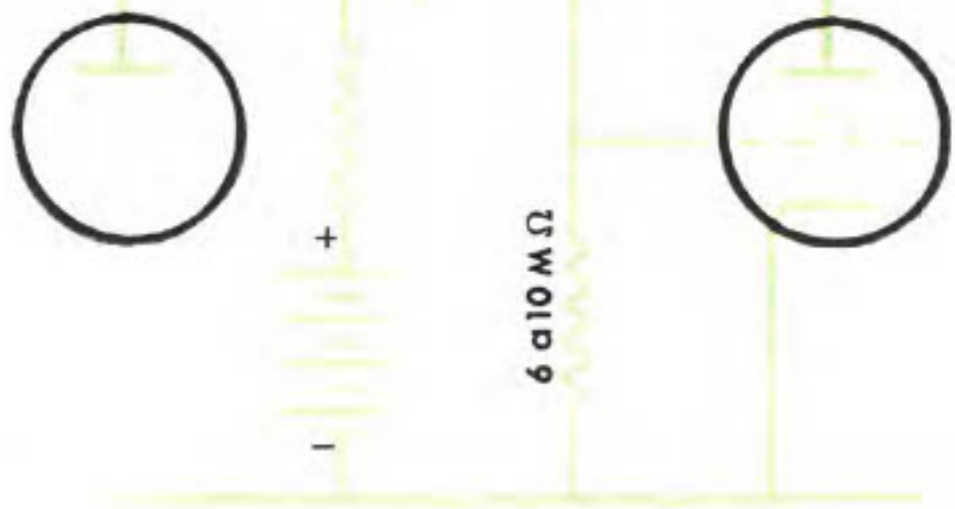


Cuando la rejilla es negativa se origina una corriente de electrones desde ella al cátodo, corriente electrónica que equivale a una corriente eléctrica que circula en sentido contrario.



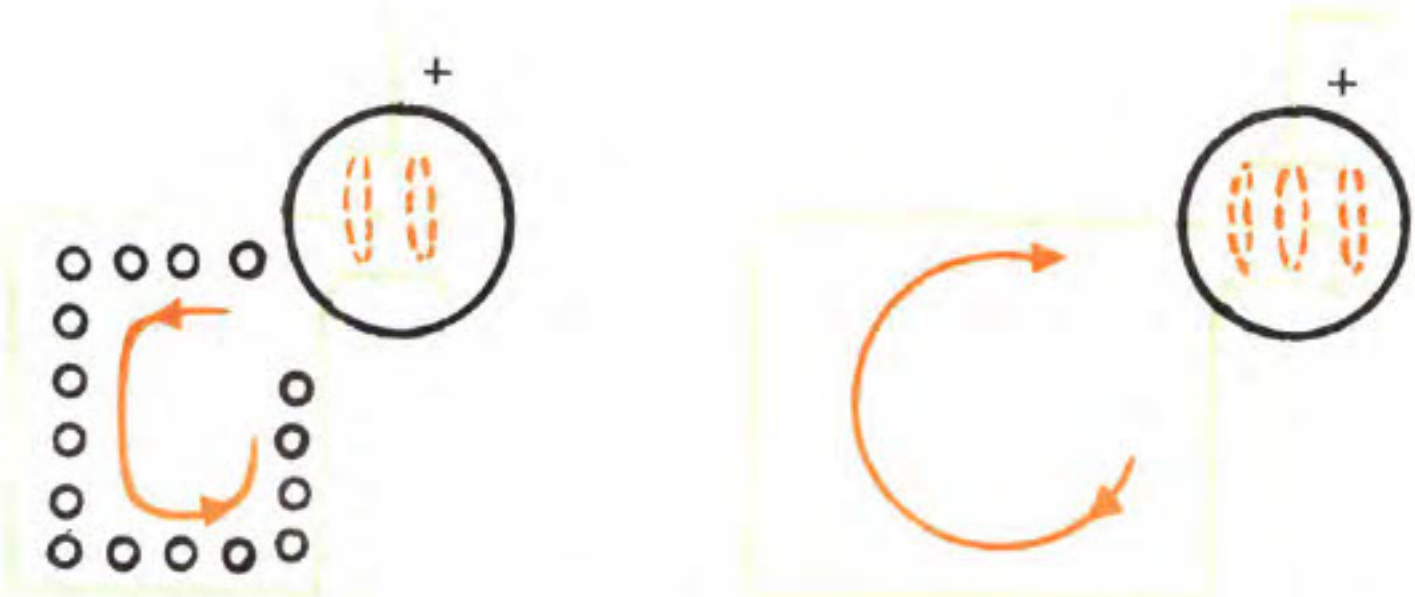
equivale a decir que existirá una *corriente eléctrica* debilísima circulando de cátodo a rejilla por el exterior del triodo.

Esta corriente, en el caso del acoplamiento por resistencia-condensador, circulará a través de la resistencia, determinando en sus extremos una cierta d.d.p., tanto mayor cuanto más elevado sea el valor de la resistencia. Cuando R es de 8 MΩ, la d.d.p. llegará a ser apreciable: de 1 a 2 V, según los triodos, tensión que puede servir para polarizar la rejilla, haciéndola negativa respecto al cátodo.

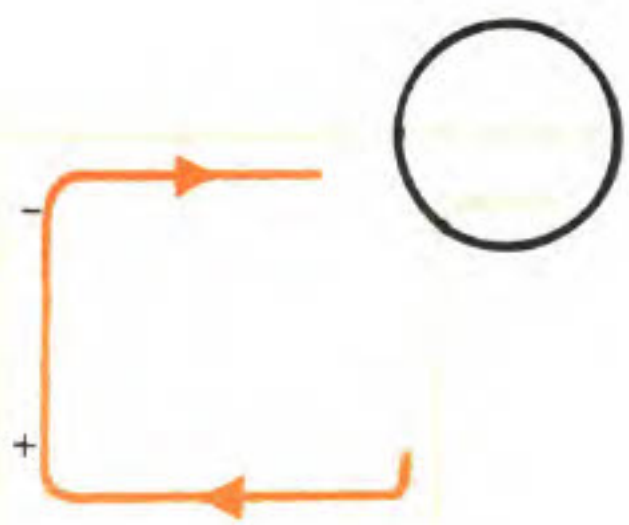


La razón de esta posibilidad debe buscarse en la lección octava, allí donde se explica el funcionamiento del triodo.

Recuerde que si la rejilla es negativa no hay prácticamente corriente en el circuito de rejilla, ya que los electrones se ven rechazados por ella. Sin embargo, los electrones que chocan directamente con la rejilla originan una debilísima *corriente electrónica* que circula, por el exterior del triodo, de la rejilla hacia el cátodo, lo que



Cuando la rejilla es negativa se origina una corriente de electrones desde ella al cátodo, corriente electrónica que equivale a una corriente eléctrica que circula en sentido contrario.



equivale a decir que existirá una *corriente eléctrica* debilísima circulando de cátodo a rejilla por el exterior del triodo.

Esta corriente, en el caso del acoplamiento por resistencia-condensador, circulará a través de la resistencia, determinando en sus extremos una cierta d.d.p., tanto mayor cuanto más elevado sea el valor de la resistencia. Cuando R es de 8 MΩ, la d.d.p. llegará a ser apreciable: de 1 a 2 V, según los triodos, tensión que puede servir para polarizar la rejilla, haciéndola negativa respecto al cátodo.

La resistencia R sirve para que los electrones que escapan de la rejilla lleguen al cátodo, motivo suficiente para que, en ocasiones, hablemos de la resistencia R con el nombre de *resistencia de escape de rejilla*. Esta forma de polarización será, por analogía, una POLARIZACIÓN POR ESCAPE DE REJILLA.

Este procedimiento, empero, es poco recomendable a pesar de la economía que representa. Podemos aportar las siguientes razones: porque la corriente de rejilla que se utiliza es muy variable de un triodo a otro, aun considerándolos de un mismo tipo y marca; y porque, por otra parte, esta misma corriente es muy difícil de medir (cosa necesaria para calcular el valor de R) debido a ser extremadamente débil.

Por todo ello, este sistema de polarización por escape de rejilla se utiliza en muy contadas ocasiones, a pesar de la ventaja de que emplea pocos elementos.

LECCION 18

Amplificadores de potencia

Generadores de primera y segunda especie

El triodo como amplificador de potencia

Cálculos

Generadores
Amplificadores de potencia

RESUMEN

Antes de entrar en materia, será muy conveniente que procedamos a resumir lo que hasta ahora llevamos dicho sobre amplificación y amplificadores.

Así, pues, de las lecciones anteriores resumiremos lo siguiente:

CUANDO PRETENDEMOS QUE LAS VARIACIONES DE INTENSIDAD EN LA PLACA DE UN TRIODO SEAN MUY CONSIDERABLES, ES PRECISO QUE LA RESISTENCIA QUE INTERCALAMOS ENTRE PLACA Y BATERÍA SEA LO MÁS PEQUEÑA POSIBLE.

Con otras palabras:

Si lo que necesitamos es obtener en el circuito de placa una componente alterna de la *intensidad* lo mayor posible, la *resistencia de carga* deberá ser de *pequeño valor*. Esto es lo que caracteriza los amplificadores de intensidad.

En cambio, cuando es la componente alterna de la *tensión* de placa lo que se quiere que alcance el máximo valor posible será preciso que la *resistencia de carga* sea de *elevado valor*, resultados diametralmente opuestos, como se ve.

EN LOS AMPLIFICADORES DE INTENSIDAD Y DE TENSION LA POTENCIA ES NULA

Pensemos ahora qué ocurre con la potencia en uno y otro caso:

En el caso de un amplificador de intensidad, si bien el valor de ésta a través de la resistencia de carga es grande, las variaciones de la tensión resultan insignificantes, prácticamente nulas. Se comprende que el producto de ambas magnitudes sea también despreciable.

Recuerde que el producto $V \times I$ es igual a la potencia, con lo cual podremos afirmar que EN UN AMPLIFICADOR DE INTENSIDAD LA POTENCIA APLICADA A LA RESISTENCIA DE CARGA ES NULA O CASI NULA.

Igual aseveración podemos hacer con respecto a los amplificadores de tensión. En ellos, si bien la tensión variable en los extremos de la resistencia de carga es grande, no así la intensidad, que es extremadamente pequeña. Seguimos, pues, con un producto $V \times I$ prácticamente igual a cero.

ASI, PUES...

Resulta evidente que si nuestra intención es obtener en la resistencia de carga una potencia elevada, deberemos escoger para ella un valor intermedio entre el valor nulo, o muy pequeño, conveniente para los amplificadores de intensidad y el valor infinito, o muy grande en la práctica, como hemos visto que conviene a los amplificadores de tensión.

Con una resistencia de carga de valor intermedio entre los dos extremos teóricos, conseguimos que tanto las variaciones de tensión como las de intensidad tengan un valor considerable. Su producto, pues, tendrá un cierto valor, que no es nulo como los casos anteriores. Será más o menos grande, según lo acertado que sea el valor elegido para la resistencia de carga, pues, por simple lógica, podemos deducir que entre todos los muchísimos valores intermedios que puede tener la resistencia, habrá uno con el cual obtendremos la mayor potencia que puede suministrar el triodo a la resistencia de carga.

Para ella, en efecto, debemos determinar un valor óptimo. La pregunta inmediata a que nos llevan estas consideraciones no puede ser otra que ésta:

¿Cómo podemos determinar este valor óptimo para la resistencia de carga?

Para contestar, daremos un rodeo.

UN TRIODO PUEDE COMPARARSE CON UN GENERADOR

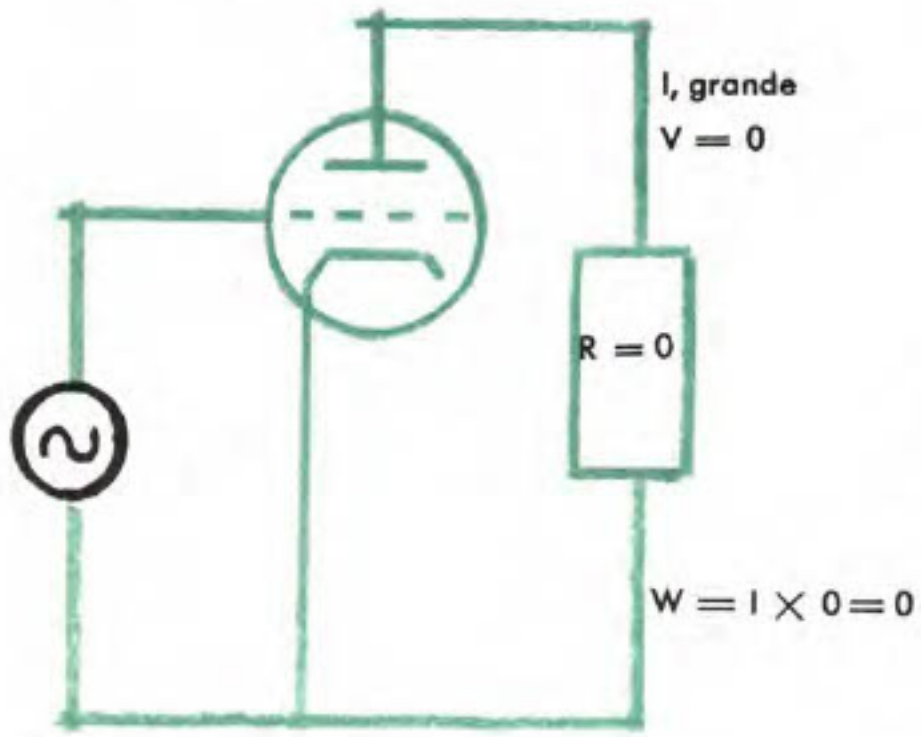
Por curioso que pueda parecer, los triodos, en algunos aspectos, presentan un comportamiento análogo al de los generadores de corriente continua o alterna.

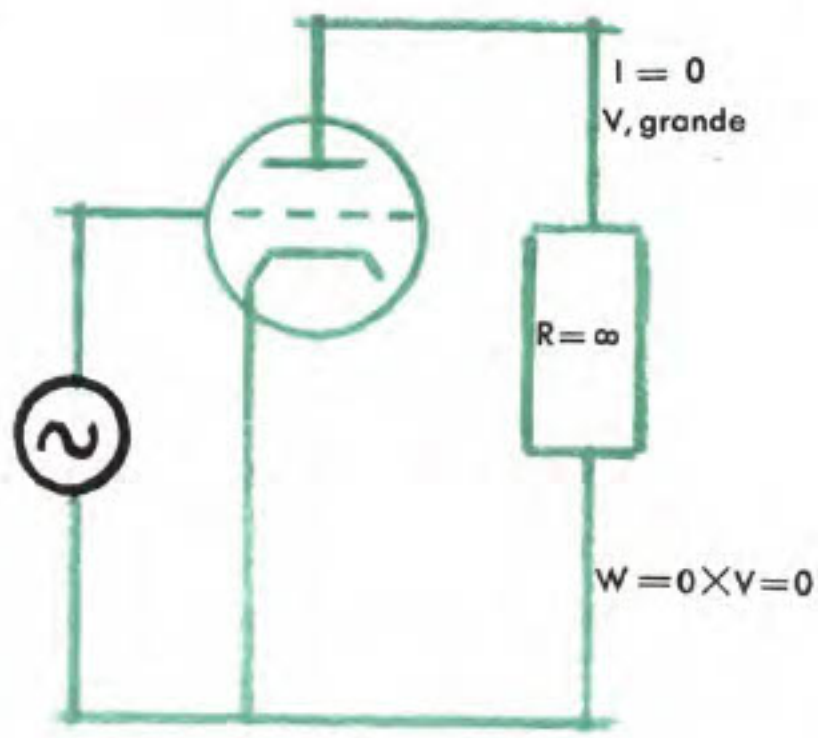
Es decir: algunas cuestiones que afectan al funcionamiento del triodo pueden estudiarse analizando el comportamiento de un generador de corriente: pila o alternador, por ejemplo.

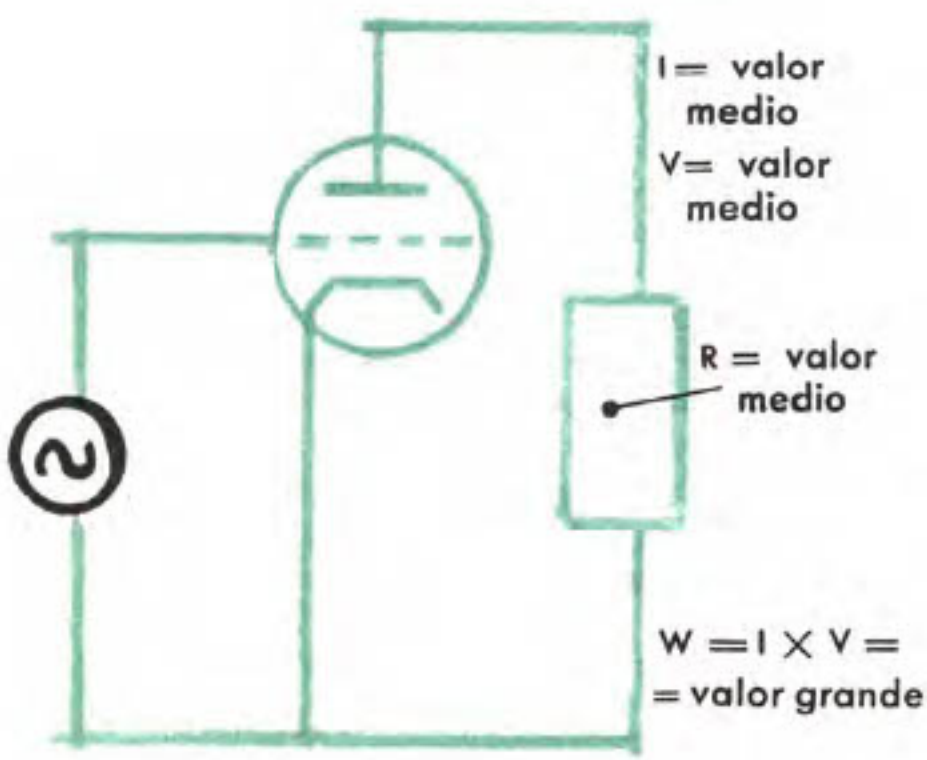
Pensemos detenidamente en ello. Comprenderemos que de la misma manera que hemos hablado de cómo obtener la máxima intensidad o la máxima tensión a la salida de un triodo, y de la misma forma en que ahora nos estamos planteando el problema de cómo obtener la máxima potencia, podemos referir las mismas cuestiones no a un triodo, sino a un generador.

Pues bien; las respuestas son idénticas en uno y otro caso. Dado que resulta mucho más sencillo analizar el problema partiendo de un generador, nos acogeremos a esta facilidad y elegiremos para nuestro estudio el generador más sencillo: una pila.

Reafirmemos que los resultados que obtengamos serán válidos para cualquier tipo de generador y válidos también para aplicarlos a los triodos, en la forma que más adelante veremos.







Estos gráficos son simbólicos. Su finalidad es ilustrar las propiedades de los amplificadores de intensidad, tensión y potencia. Todo depende del valor elegido para la resistencia de carga, la que, se sobrentiende, no debe ser necesariamente una resistencia en el sentido constructivo de la palabra, sino que puede ser cualquier dispositivo con resistencia interna, como un auricular, un altavoz, un galvanómetro, etc. Desde luego, nos referimos únicamente a las componentes alternas de la intensidad y tensión de placa. Por ello hemos suprimido en el dibujo las baterías de rejilla y placa, aunque ya sabemos que sin ellas el triodo no puede funcionar.

ESTUDIO DE LOS GENERADORES

Sabemos que un generador de corriente eléctrica es un dispositivo que transforma una energía de otro tipo en energía eléctrica. Una dínamo o un alternador, por ejemplo, transforman la energía mecánica en energía eléctrica; una pila obtiene energía eléctrica transformando la energía química de los componentes que en ella intervienen.

Observe que estamos refiriéndonos de nuevo a conceptos que en las primeras lecciones titulábamos como conocimientos previos. Se está demostrando, pues, la razón de su estudio.

Recuerde el fenómeno que conocemos por *efecto Joule,* tratado en las cuestiones previas estudiadas como camino de introducción a la radio. Por efecto Joule, toda resistencia conectada a los bornes de una pila experimenta un caldeo debido a la corriente que por ella circula. La energía eléctrica que en cada segundo se convierte en calor en la resistencia, o sea, la potencia disipada en calor, es igual al producto $V \times I$.

La pila genera esta energía a expensas de la energía química almacenada en los productos que intervienen en su composición.

En virtud del principio de la conservación de la energía, es evidente que en teoría debería cumplirse que la energía química absorbida por el generador en cada segundo fuese igual a la potencia eléctrica disipada en la resistencia; es decir: igual al producto $V \times I$.

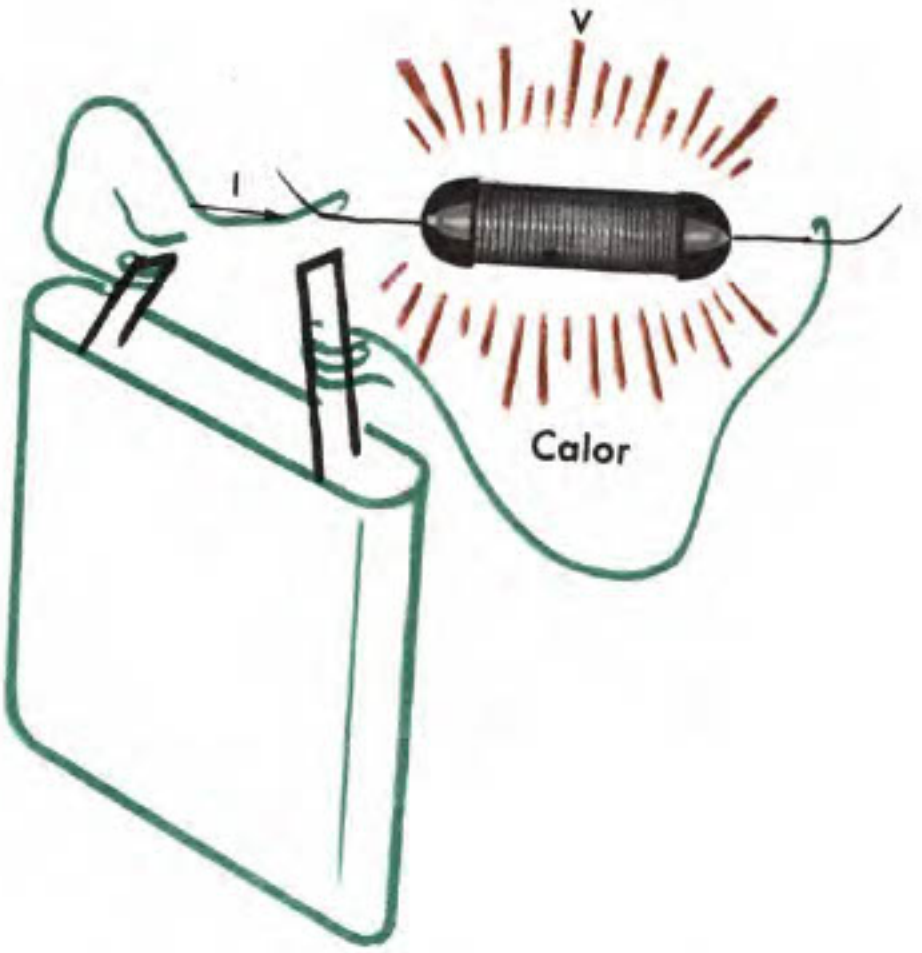
Pero en la práctica sucede que $V \times I$ es algo menor por la razón de que parte de la energía de que puede disponer el generador se convierte en calor, no en la resistencia, sino en el interior del generador mismo.

Esta aparición de calor en el generador indica que al circular a su través la corriente encuentra una cierta resistencia: es la resistencia interna de la pila.

Este fenómeno tiene fácil comprobación: basta con disponer de una pila seca de 4'5 V y una resistencia de 3 a 4 Ω

Estableciendo la oportuna conexión entre pila y resistencia observaremos que al cabo de poco tiempo no sólo la resistencia se habrá calentado, sino que también la pila habrá aumentado el nivel de su temperatura, cosa que apreciaremos directamente por el tacto.

(Si se le ocurre efectuar la experiencia, tenga presente que en estas condiciones la pila, que no está construida para suministrar corrientes importantes, se agotará rápidamente.)



Al circular una intensidad I a través de una resistencia, aparece una potencia que se disipa en forma de calor (efecto Joule) y cuyo valor es $V \times I$.

Lo que en realidad se cumple es esta igualdad:

Potencia del generador = Potencia suministrada a la resistencia exterior + potencia perdida en la resistencia interior.

Para comprender con exactitud el comportamiento de una pila, deberemos suponer que su interior no sólo contiene el generador de la tensión que medimos entre los bornes de la pila (de 4'5 V, por ejemplo), sino también una resistencia en serie con dicho generador. Pero, ¡cuidado!, ni el generador ni la resistencia existen realmente; se trata simplemente de identificar el comportamiento de la pila con el de un generador en serie con una resistencia.

La resistencia interna de una pila del tipo de 4'5 V es de 2 Ω aproximadamente. A la existencia de esta resistencia se debe el que al conectar a los terminales de la pila una resistencia de 2 Ω la d.d.p. entre sus bornes no sea de 4'5 V, sino tan sólo de 2'25 V, ya que los 2'25 voltios restantes quedan absorbidos por la resistencia interna. Puede comprobar este fenómeno haciendo uso del téster.

Con este simple montaje podrá comprobar la existencia de la resistencia interna de la pila.

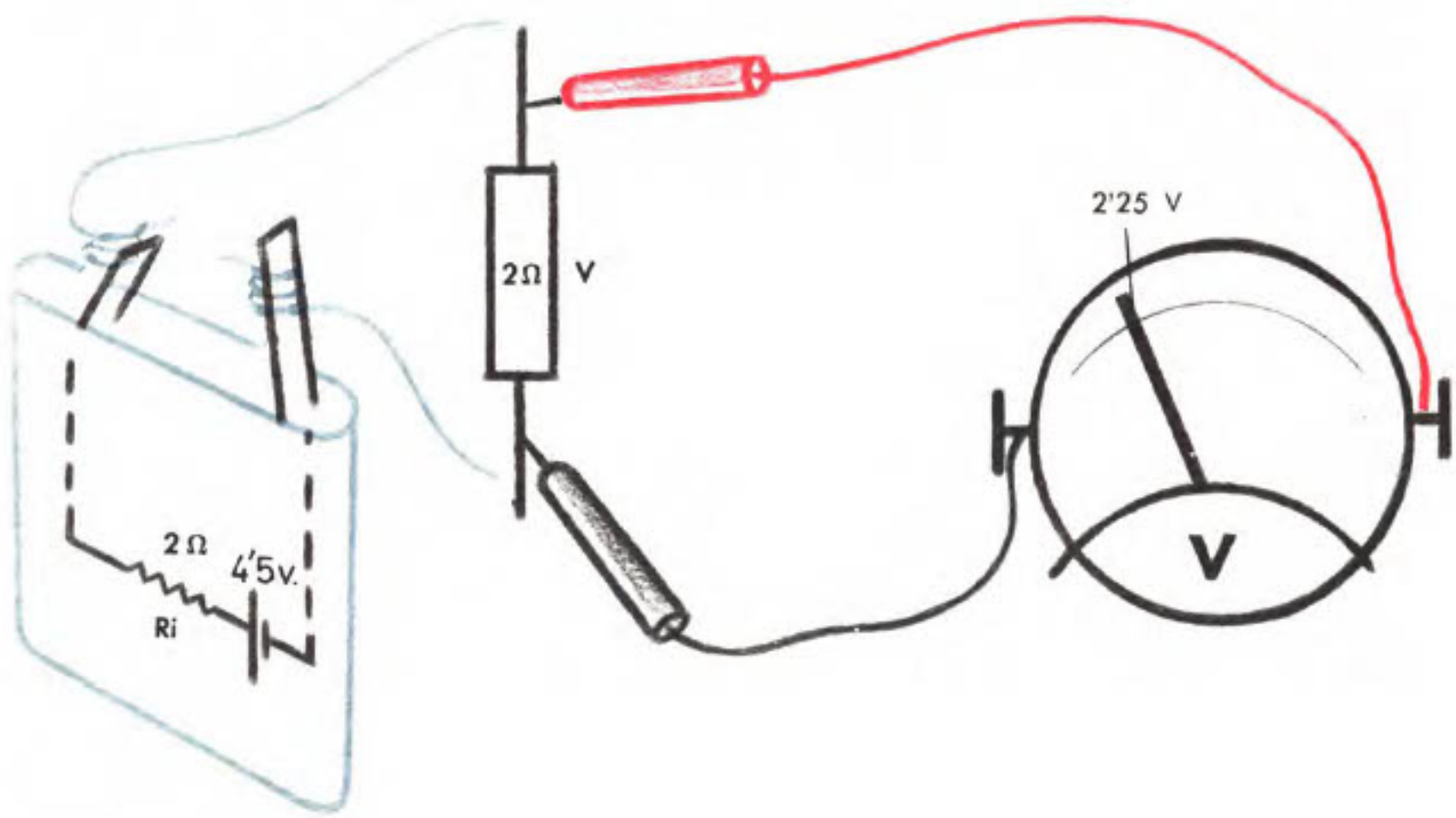
En resumen, podemos afirmar que siempre que a los bornes de una pila conectemos un elemento que absorba corriente se producirá una pérdida de tensión o potencial en la resistencia interna de la pila, de valor igual a $R_i \times I$, si es I la intensidad suministrada.

Siguiendo con el ejemplo de la pila de 4'5 V, a todo dispositivo o *carga* (como suele decirse) se le aplica una d.d.p. cuyo valor es:

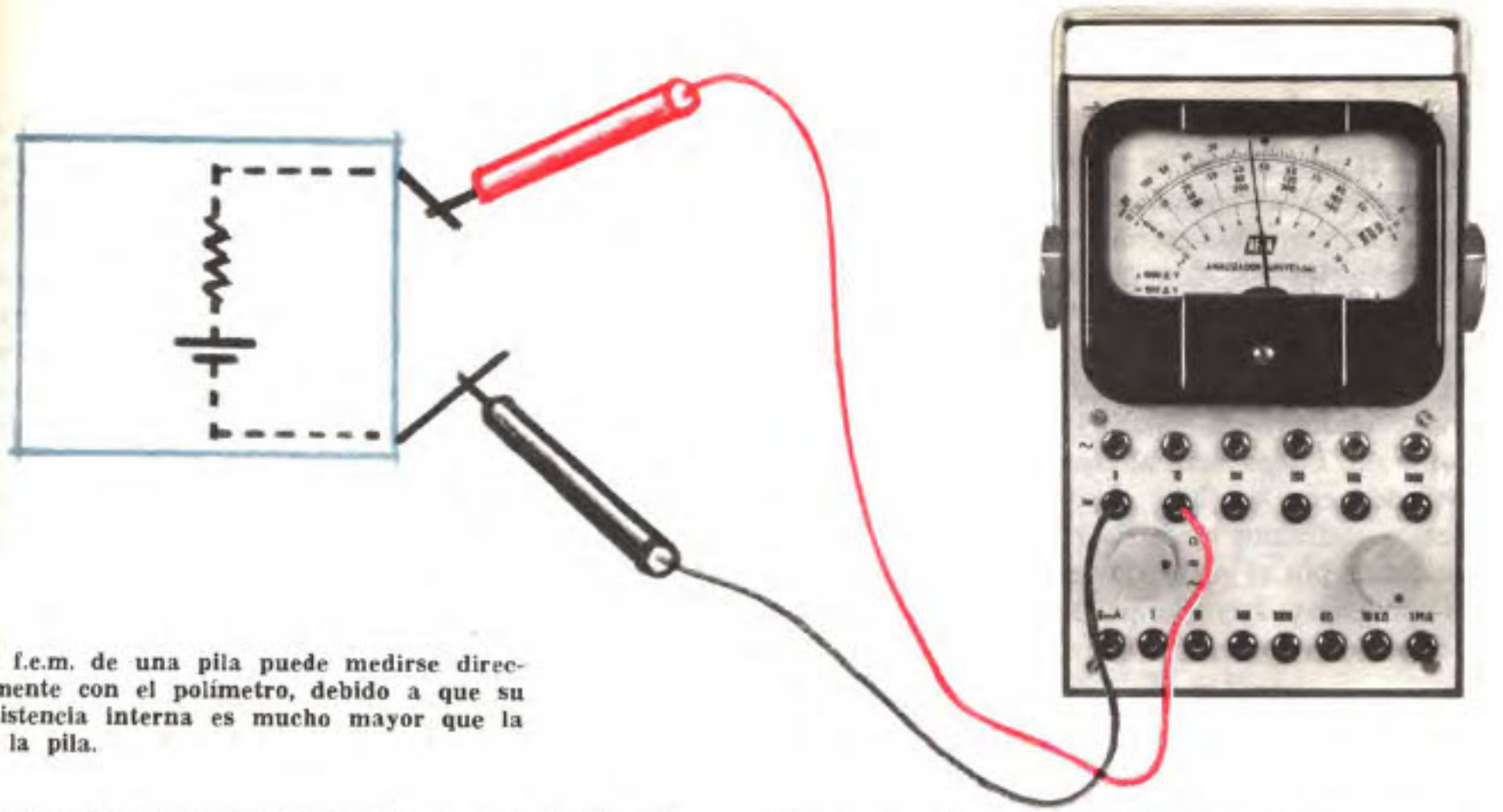
$$V = 4'5 - \text{Caída de potencial interna}$$

Y siendo la caída $R_i \times I$, tendremos:

$$V = 4'5 - R_i \times I$$



caida interna = Ri × I



La f.e.m. de una pila puede medirse directamente con el polímetro, debido a que su resistencia interna es mucho mayor que la de la pila.

Si suponemos que entre los bornes de la pila no está conectada ninguna carga, la intensidad, naturalmente, será cero, y por lo mismo no habrá caída interna. Luego, en estas condiciones la d.d.p. entre bornes es de 4'5 V.

LA D.D.P. ENTRE LOS BORNES DE UN GENERADOR CUANDO NO HAY CARGA CONECTADA (O SEA; CUANDO NO CIRCULA CORRIENTE) SE LLAMA FUERZA ELECTROMOTRIZ DEL GENERADOR (F.E.M.), Y SUELE DESIGNARSE CON LA LETRA E.

La f.e.m. de un generador puede medirse directamente con el polímetro, ya que, si bien circula corriente cuando conectemos las puntas de prueba a los bornes del generador, esta corriente es tan débil que la caída interna de potencial resulta inapreciable. Tenga presente que el polímetro descrito en nuestras lecciones ofrece, cuando actúa según la escala de 10 V, una resistencia de 10.000 Ω. Por tanto, los 4'5 V de f.e.m. deben repartirse entre la resistencia interna (2 Ω en el caso de nuestra pila) y los 10.000 Ω del téster proporcionalmente a los dos valores. Es evidente que prácticamente toda la tensión estará aplicada a la resistencia de 10.000 Ω.

De todas estas consideraciones deducimos, por el momento, que la máxima tensión que podemos obtener de un generador tiene el valor que corresponde a su fuerza electromotriz, cosa que sólo se consigue cuando no existe carga conectada entre sus bornes; es decir, cuando a través del generador no circula corriente alguna.

$$V_{max} = E$$

En cambio, al conectar una carga, por el generador circulará una cierta corriente y la tensión suministrada será

$$V = E - (R_i \times I)$$

INTENSIDAD, TENSION Y POTENCIA EN LA RESISTENCIA EXTERIOR

En cada caso nos interesará calcular la intensidad que suministra el generador, lo que podremos obtener fácilmente aplicando la ley de Ohm, siempre que tengamos en cuenta que en el circuito formado por la pila y la resistencia exterior la d.d.p. total es E y la resistencia total es la suma de la resistencia interna y la resistencia exterior.

La fórmula $I = \frac{V}{R}$ se convierte en:

$$I = \frac{E}{R + R_i}$$

Una vez conocida la intensidad que circula por el circuito exterior a la pila (concretamente la resistencia), podemos buscar la expresión que dé el valor de la tensión que el generador aplica a los extremos de dicha resistencia exterior. Según Ohm, sabemos que $V = R \times I$; basta con sustituir I por la expresión anteriormente encontrada para obtener lo que sigue:

$$V = R \times I = R \times \frac{E}{R + R_i} = \frac{R \times E}{R + R_i}$$

Basta observar la fórmula de la intensidad para llegar a la conclusión de que la intensidad es tanto mayor cuanto menor sea el valor de la resistencia exterior. No hacemos referencia a la resistencia interior del generador, porque se supone que es un término que debemos considerar constante e insustituible.

Es innegable que obtendremos la mayor intensidad cuando R sea igual a cero o cercana a un valor nulo. Luego será al conectar los bornes del generador con un hilo conductor cuando en la práctica podremos medir la mayor intensidad proporcionada por el generador en estudio. Es así porque podemos considerar que $R = 0$, en cuyo caso es:

$$I = \frac{E}{R_i}$$

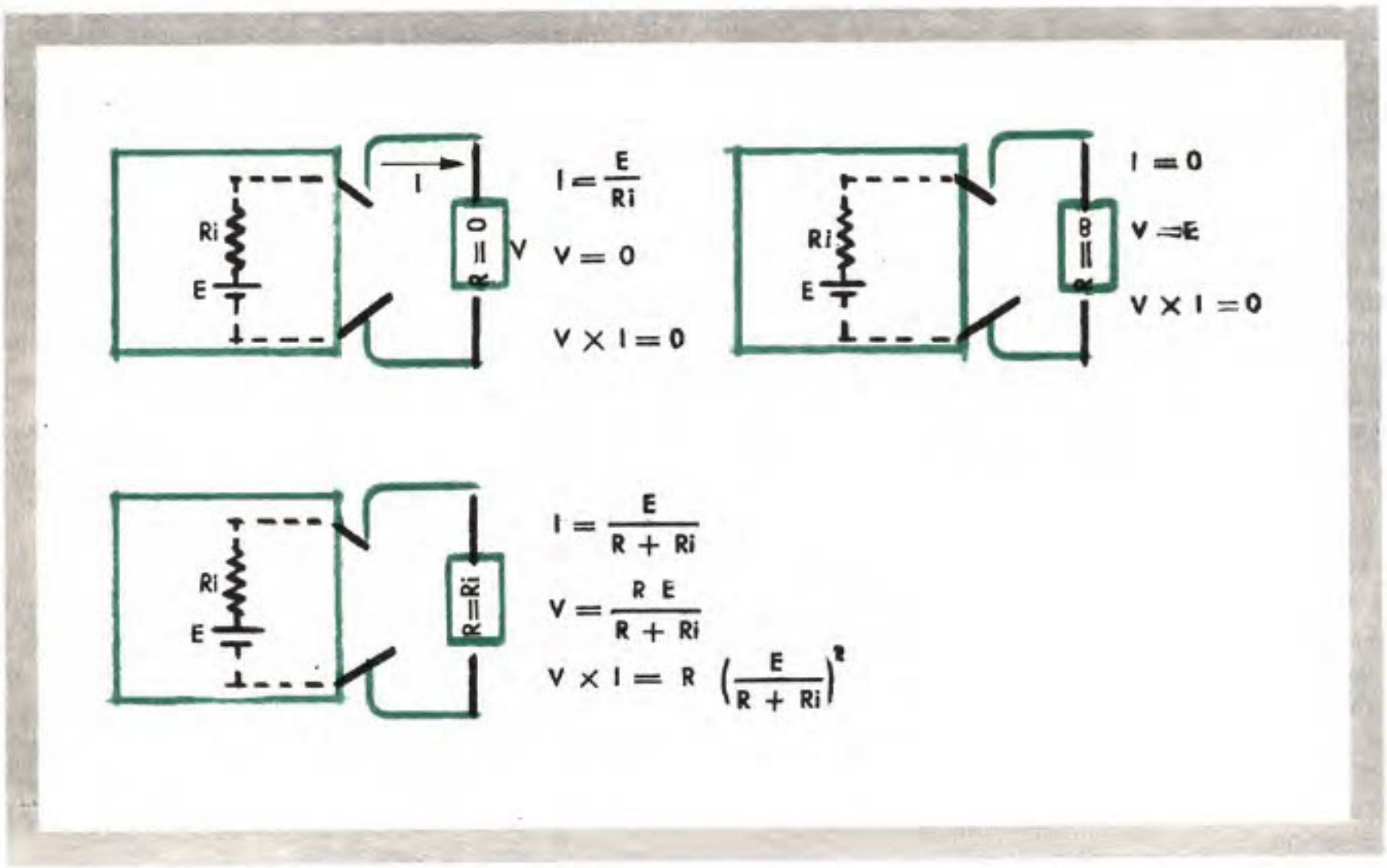
Resulta que la máxima intensidad que podemos obtener de un generador es el cociente de dividir la f.e.m. por su resistencia interna, intensidad que en la práctica se obtiene cortocircuitando los dos bornes del generador. En este caso, lógico, la d.d.p. entre ellos es nula.

Y aunque la resistencia exterior no sea absolutamente nula (ya sabemos que todo conductor tiene resistencia), basta con que sea mucho menor que la resistencia interna de la pila.

Pasemos del caso en que es $R = 0$ al caso opuesto; es decir $R = \infty$. Una resistencia exterior de valor infinito puede estar representada por el mismo aire que separa los dos bornes cuando no hay nada conectado entre ellos. En estas condiciones no hay corriente, lo que es lo mismo que decir que $I = 0$. En cambio, la tensión en los bornes será máxima, o sea, igual a la f.e.m. Se cumple: $V = E$.

Observemos que tanto en el caso anterior ($R = 0$) como en éste ($R = \infty$) el producto $V \times I$ es nulo, porque en el primero es $V = 0$ y en el segundo es $I = 0$.

Pero si la resistencia exterior conectada a los bornes del generador tiene un valor R que no sea ni mucho mayor que la R_i de la pila ni mucho menor, estaremos ante un caso en que se cumple que la intensidad que circula por esta resistencia exterior es:



En este cuadro resumimos el funcionamiento de un generador (pila) cuando la resistencia interior vale $R = 0$, $R = \infty$ y R un valor cualquiera.

$$I = \frac{E}{R + R_i}$$

Y la d.d.p. que se aplica a sus extremos es:

$$V = \frac{R \times E}{R_i + R}$$

Por tanto, la potencia aplicada a esta resistencia puede expresarse así:

$$W = V \times I = \frac{E}{R_i + R} \times \frac{R \times E}{R_i + R}$$

Simplificando este producto de dos quebrados obtendremos la fórmula de la potencia que puede proporcionar un generador de resistencia interna R_i y f.e.m. E cuando le conectemos una resistencia (recuerde que puede ser cualquier elemento que consuma corriente —lo hemos llamado carga—). Vamos a simplificar este producto, aunque lo que en realidad interesa es que recuerde el resultado final.

$$W = \frac{E}{R_i + R} \times \frac{R \times E}{R_i + R} =$$

$$= \frac{R \times E^2}{(R_i + R)^2} = R \left(\frac{E}{R_i + R} \right)^2$$

$$W = R \left(\frac{E}{R_i + R} \right)^2$$

EJEMPLOS

Ahora, antes de seguir adelante, creemos conveniente familiarizarle un poco con las fórmulas que hemos estudiado para que comprenda su utilidad ante la necesidad de calcular las magnitudes que entran en juego en el estudio de los amplificadores de potencia, que al fin y al cabo son la meta propuesta; ¡no vayamos a olvidarlo en medio de tantas consideraciones previas!

Según hemos dicho, la resistencia interna de una pila de 4'5 V de f.e.m. es de unos 2 Ω.

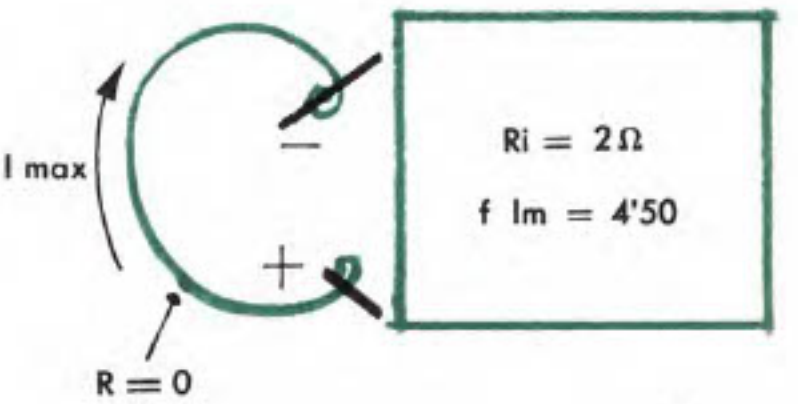
Preguntémonos:

1. ¿Cuál es la máxima intensidad que puede suministrar una pila de este tipo?

Puesto que E = 4'5 V y R_i = 2 Ω, será:

Recordemos que obtenemos I_{max} cuando R = 0.

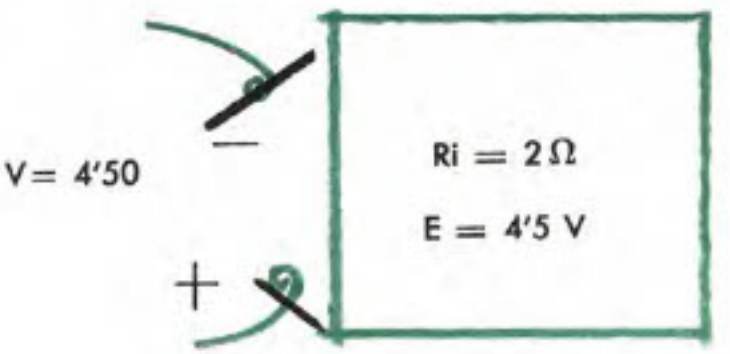
$$I_{max} = \frac{E}{R_i} = \frac{4'5}{2} = 2'25 \text{ A}$$

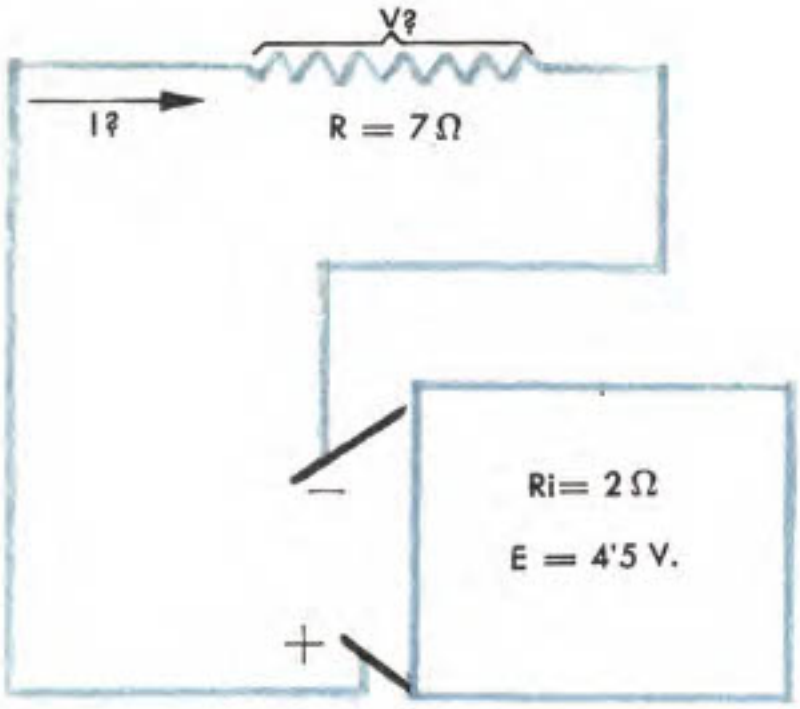


2. ¿Cuál es la máxima tensión que puede proporcionar nuestra pila?

La máxima tensión que puede existir entre los bornes de la pila se obtiene (recuérdelo) cuando entre ellos se encuentra una resistencia de valor infinito. Cuando no hay nada que los una en circuto, por ejemplo, en cuyo caso se cumplirá que:

$$V = E = 4'5 \text{ V}$$





3. Suponiendo que conectemos a esta pila una resistencia exterior de 7 Ω, ¿cuál será la intensidad que por ella circule? ¿Cuál será la d.d.p. que mediremos entre sus bornes y cuál la potencia que la pila suministrará a esta resistencia?

La intensidad será:

$$I = \frac{E}{R + R_i} - \frac{4'5}{7 + 2} = \frac{4'5}{9} = 0'5\ A$$

Busque ya la d.d.p.

$$V = \frac{R \times E}{R + R_i} = \frac{7 \times 4'5}{7 + 2} = \frac{31'5}{9} = 3'5\ V$$

Y la potencia será de...

$$W = V \times I = 3'5 \times 0'5 = 1'75\ W$$

Podríamos haber calculado esta potencia sin necesidad de buscar ni V ni I. Bastaba con aplicar la fórmula de la potencia en función de E y R.

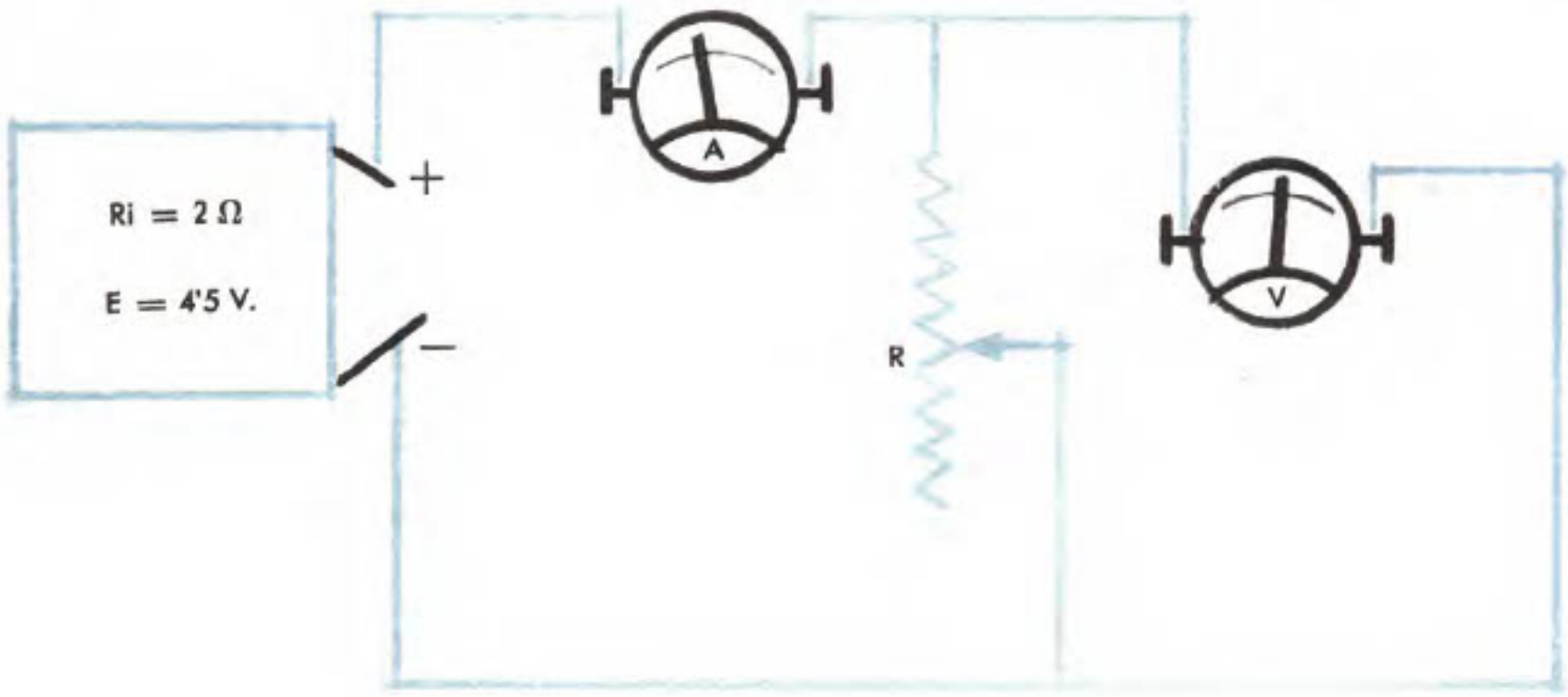
$$W = R\left(\frac{E}{R + R_i}\right)^2 = 7\left(\frac{4'5}{9}\right)^2 =$$

$$= 7 \times (0'5)^2 = 7 \times 0'25 = 1'75 \text{ vatios}$$

MAXIMA POTENCIA

En el último ejemplo hemos deducido que la potencia suministrada a la resistencia (7 Ω) por un generador de E = 4'5 V era de 1'75 vatios. Pero ¿es ésta la máxima potencia que tal generador puede proporcionar?

Evidentemente, el valor de la potencia depende del valor óhmico de la resistencia de carga, para la cual existirá un valor óptimo que nos permitirá obtener una potencia máxima. Veamos de determinar este valor.



Montaje que permite calcular el valor de R para el cual la pila proporciona la máxima potencia.

Si deseamos averiguar de una forma experimental este valor óptimo de la resistencia exterior para el cual es máxima la potencia suministrada por el generador, podemos emplear como carga una resistencia variable. Con un voltímetro y un amperímetro podemos controlar los valores de V e I para cada valor de R, que, por ejemplo, podemos suponer variable entre 0'2 Ω y 20 Ω.

Tomando las lecturas del amperímetro y del voltímetro, bastará con multiplicarlas entre sí para obtener la potencia que suministra el generador para cada valor de R.

Observemos que el valor máximo del producto V × I corresponde a las lecturas efectuadas cuando la resistencia conectada a la pila es precisamente de 2 Ω. Es decir: cuando la resistencia de carga es igual a la resistencia interna del generador.

Empezamos a ver la gran ayuda que representan las expresiones gráficas de las magnitudes variables. En este caso que nos ocupa, podemos también resumir en tres simples gráficos los resultados experimentales deducidos gracias al montaje propuesto.

Empezaremos ajustando la resistencia variable de forma que su valor sea 10 veces menor que la resistencia interna R_i de 2 Ω de la pila; por tanto $R_i/10 = 0'2$ Ω, y anotaremos la I y la V en estas condiciones. A continuación repetiremos la operación con $R = R_i/8 = 2/8 = 0'25$ Ω, y sucesivamente con $R = R_i/6$, $R = R_i/4$, $R = R_i/2$, $R = R_i$, $R = 2\ R_i$, $R = 4\ R_i$, $R = 6\ R_i$, $R = 8\ R_i$ y, finalmente, $R = 10\ R_i = 10 \times 2 = 20$ Ω.

En cada caso, recuerde que la resistencia total del circuito es $R_t = R + R_i = R + 2$, y éste es el valor que determina la intensidad en el circuito.

Todos estos datos quedan anotados en el siguiente cuadro:

R =	$\frac{R_i}{10}$ =	$\frac{R_i}{8}$ =	$\frac{R_i}{6}$ =	$\frac{R_i}{4}$ =	$\frac{R_i}{2}$ =	$\frac{R_i}{1}$ =	$2 \times R_i$ =	$4 \times R_i$ =	$6 \times R_i$ =	$8 \times R_i$ =	$10 \times R_i$ =	
R =	0'2	0'25	0'333	0'5	1	2	4	8	12	16	20	
$R_t = R + R_i$ =	2'2	2'23	2'333	2'5	3	4	6	10	14	18	22	Ω
$V \times I = W$ I =	2,04	2	1'93	1'8	1'5	1'125	0'75	0'45	0'322	0'25	0'204	A
$V \times I = W$ V =	0'41	0'5	0'64	0'90	1'5	2'35	3	3'60	3'86	4	4'1	V
W =	0'835	1	1'24	1'64	2'25	2'53	2'25	1'64	1'24	1	0'83	W

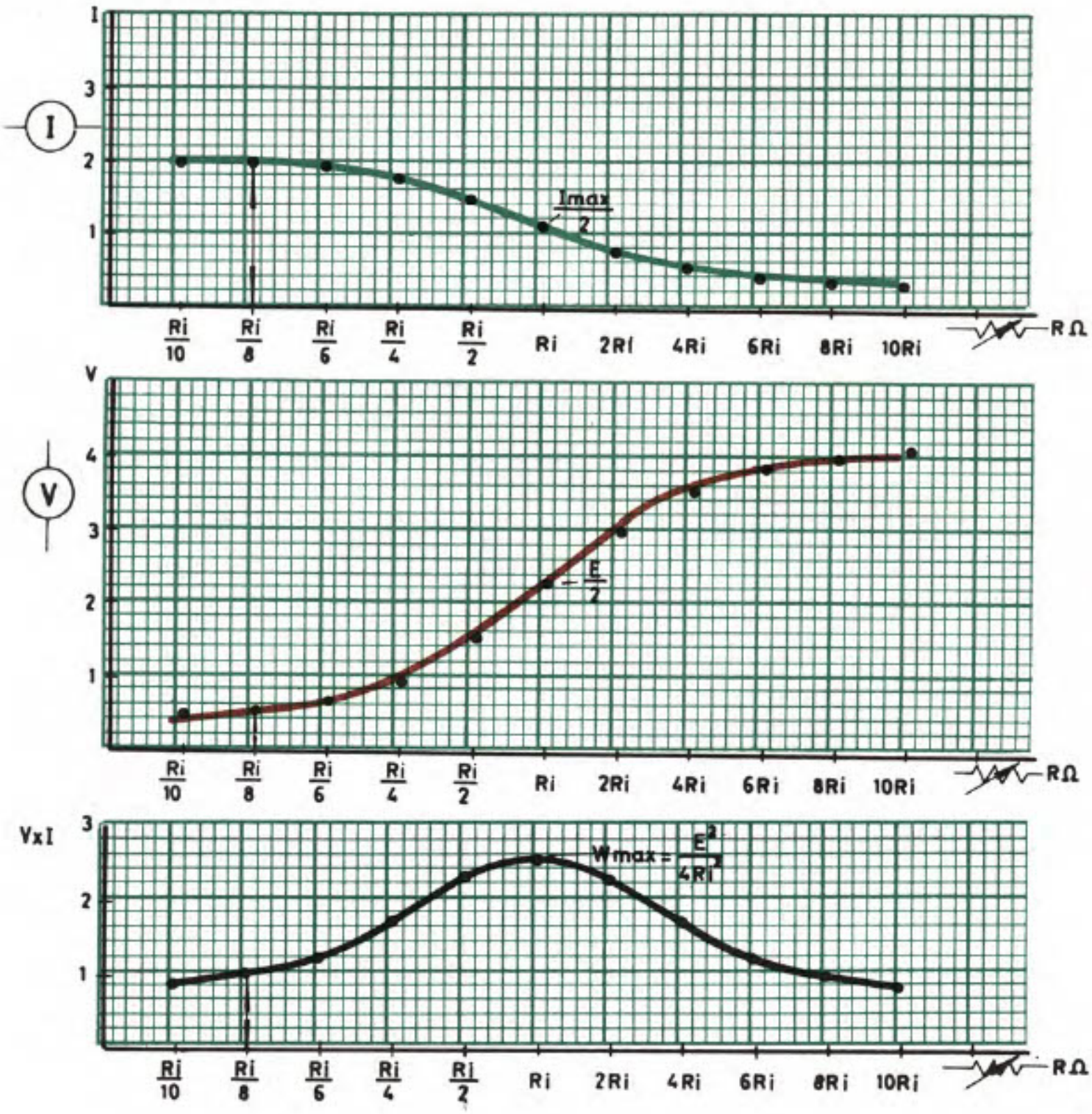
Con estos datos podemos trazar sendas curvas: una para las variaciones de I en función de R; otra para las variaciones de V en función de R, y una tercera para las variaciones de la potencia (V × I), también en función de R, como es lógico.

Obtenemos estos gráficos tomando las variaciones de R en los ejes horizontales y señalando las variaciones de I, V y W en los ejes verticales. Para mayor claridad situamos uno bajo otro, de forma que se correspondan en vertical los puntos que representan los valores de R considerados.

Creemos que ni la curva de la intensidad ni la curva de la tensión ofrecen la más mínima dificultad.

Por lo que respecta a la curva de la potencia, que es el producto V × I, bastará con hallar el valor que alcanzan los dos factores para cada valor de R y proceder a su multiplicación. El resultado se traduce en la altura correspondiente al número de vatios que suministra el generador para cada valor de la resistencia de carga.

Vea ahora estas curvas. Advierta en la tercera (la que corresponde a las variaciones de la potencia) no sólo que la potencia obtenida es máxima cuando la resistencia exterior es igual a la resistencia interna del generador, sino también algo realmente curioso: la potencia obtenida al aumentar la resistencia exterior al doble, triple, cuádruple, etc., del valor de R_i es la misma que se obtiene cuando reducimos dicha resistencia a la mitad, a una tercera parte, cuarta parte, etc. Véalo también en la tabla.



Curvas de intensidad, tensión y potencia de un generador en función de la resistencia de carga.

VALORES DE I Y DE V CON LOS QUE SE OBTIENE UNA POTENCIA MAXIMA

Como final de las enseñanzas que podemos obtener de las curvas que hemos deducido, hagamos un resumen dando las fórmulas que permiten calcular los valores de la intensidad y de la tensión cuyo producto es máximo.

El valor de la máxima potencia que puede suministrar un generador se obtiene cuando la carga tiene una resistencia igual a su resistencia interna. Dicha potencia viene dada por esta fórmula:

$$W_{max} = \frac{E^2}{4\ R_i}$$

Cuando el generador trabaja en estas condiciones suministra una tensión igual a la mitad de su f.e.m. Es decir:

$$V = \frac{E}{2}$$

El segundo gráfico ilustra con suma claridad esta afirmación.

También la intensidad es la mitad de la intensidad máxima que puede suministrar el generador:

$$I = \frac{E}{2\,R_i}$$

Compruebe por curiosidad cómo la fórmula de la potencia máxima representa, en efecto, el producto $V \times I$ cuando $R = R_i$.

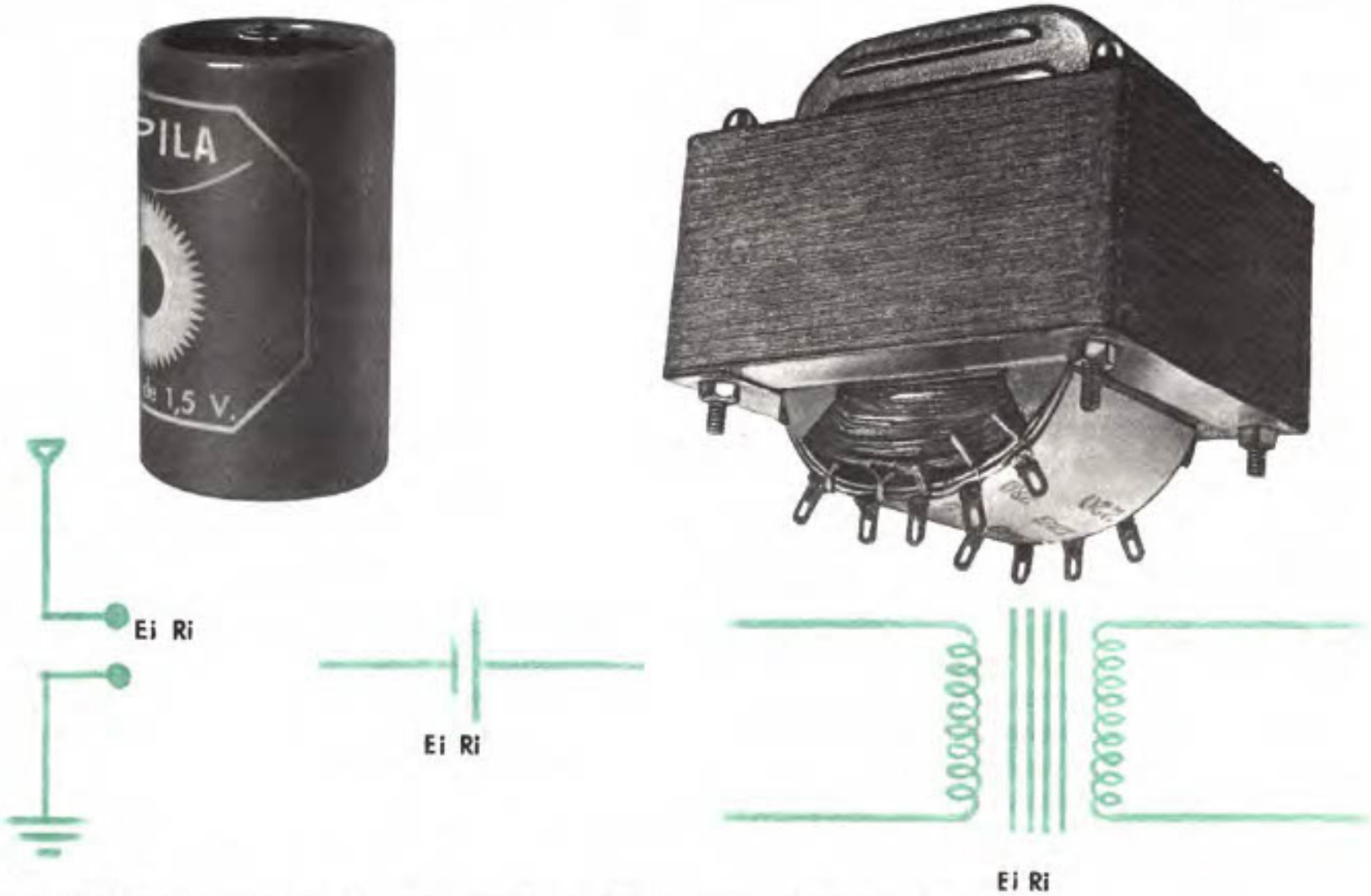
$$W = V \times I = \frac{E}{2} \times \frac{E}{2\,R_i} = \frac{E^2}{4\,R_i}$$

LAS CONCLUSIONES OBTENIDAS SON VALIDAS PARA TODO DISPOSITIVO QUE SUMINISTRE ENERGIA ELECTRICA

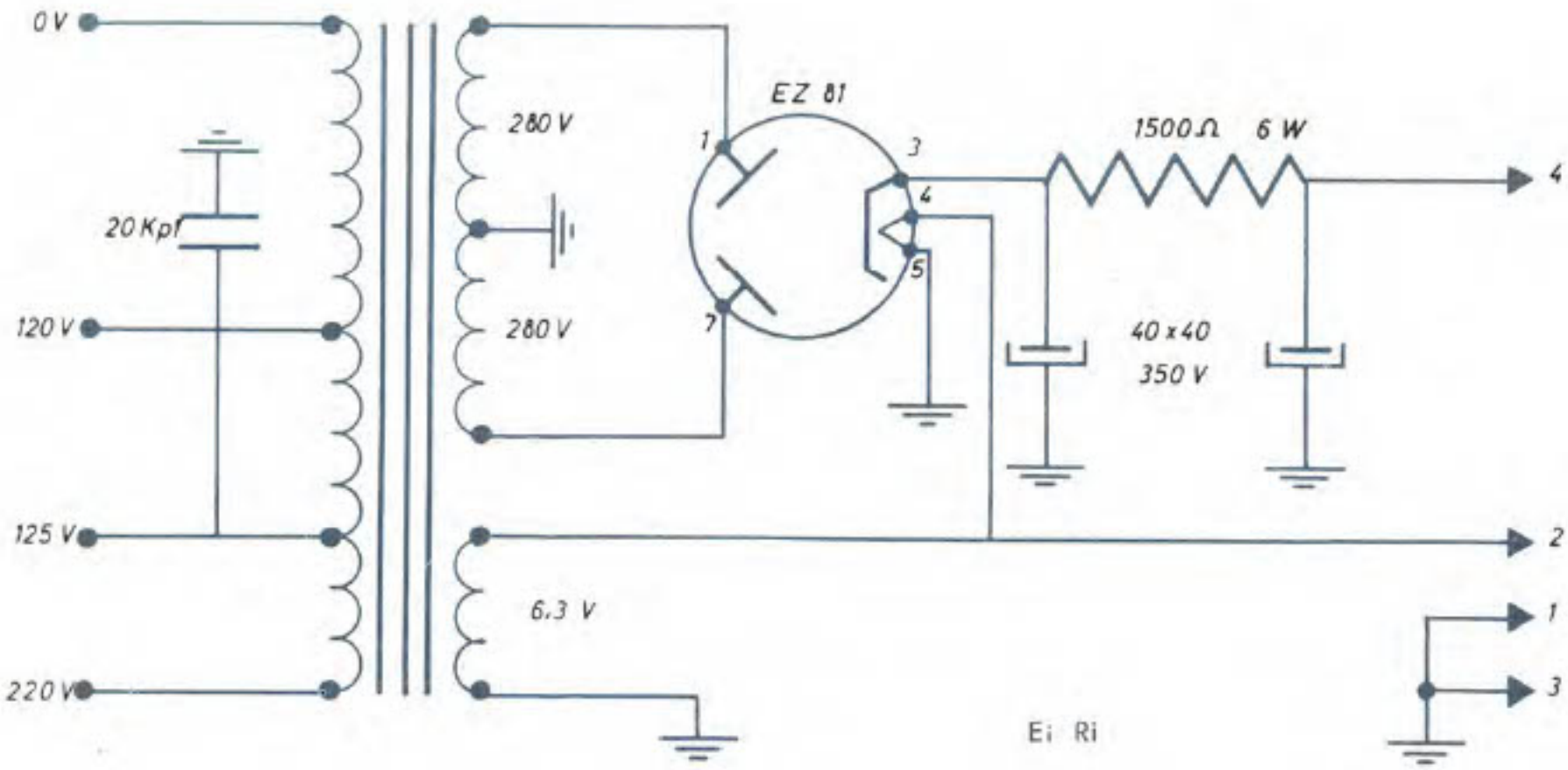
Conviene reafirmar que todo lo dicho, y en especial todas las conclusiones a que hemos llegado, es cierto y válido para cualquier tipo de generador. Y no sólo eso, sino que también lo es para cualquier dispositivo destinado a suministrar energía eléctrica a una carga exterior a él.

Así, por ejemplo, un transformador, un alternador, una fuente de alimentación, un oscilador, etcétera, tienen cierta resistencia interna. Por ello, al conectar a sus bornes un dispositivo que absorbe corriente podremos constatar que la tensión suministrada es tanto menor cuanto mayor sea la intensidad de la corriente que se produzca.

Incluso los bornes de antena y tierra, de los que extraemos las señales de radio que ponen en funcionamiento nuestros receptores, pueden considerarse bornes de un generador, con su característica resistencia interna y su f.e.m. correspondiente, aunque en este caso los hechos sean mucho menos aparentes que los otros que hemos citado.



Todos los dispositivos cuya misión es suministrar energía eléctrica se caracterizan por su f.e.m. y su resistencia interna.



También la fuente de alimentación puede considerarse como un generador con resistencia interna y f.e.m.

COMO DATOS CARACTERÍSTICOS DE UN GENERADOR DEBEMOS CONSIDERAR SU RESISTENCIA INTERNA (R_i) Y SU FUERZA ELECTROMOTRIZ (E).

Insistimos en que llamamos f.e.m. de un generador a la d.d.p. existente entre sus bornes cuando la resistencia que se conecta a ellos es infinita o, por lo menos, considerablemente superior a su resistencia interna.

GENERADORES DE PRIMERA Y SEGUNDA ESPECIE

De todos los dispositivos destinados a suministrar energía eléctrica que hemos citado a lo largo de estas páginas, sólo la pila y el alternador (generadores de corriente continua y alterna, respectivamente) merecen en propiedad la denominación de generadores, puesto que en ellos se da la transformación de un tipo de energía no eléctrica en energía de este tipo.

Lo que realmente consiguen los demás ingenios que hemos identificado con un generador es una transformación de la energía eléctrica que se les suministra.

Así, pongamos por caso, para que el secundario de un transformador suministre energía eléctrica —en forma de corriente alterna bajo determinadas condiciones de tensión e intensidad— habrá sido necesario suministrar al primario de este mismo transformador energía eléctrica, también en forma de corriente alterna.

A la salida de una fuente de alimentación (otro caso) obtendremos energía eléctrica, en forma de corriente continua, si a su entrada hemos inyectado (valga la expresión) energía eléctrica bajo la forma de una corriente alterna.

De forma análoga podríamos ir citando casos de aparatos que, por extensión del concepto, llamamos generadores cuando en rigor no lo son.

Para distinguir los auténticos generadores de los que, aun sin serlo, han adoptado el mismo nombre genérico, se ha quedado en llamar a los primeros (auténticos generadores) GENERADORES DE PRIMERA ESPECIE, calificando de GENERADORES DE SEGUNDA ESPECIE todos los dispositivos que para desarrollar su función de falsos generadores deben recibir energía eléctrica.

Debemos advertir que cuando afirmamos que la f.e.m. y la resistencia interna son datos característicos de un generador, y este generador es de segunda especie, entendemos *que son datos característicos para unas determinadas condiciones en la corriente que se le suministra* (para una tensión de suministro dada, por ejemplo).

Así, por ejemplo, la tensión que medimos entre los bornes del secundario de un transformador o a la salida de una fuente de alimentación no sólo dependen de la constitución interna de ambos dispositivos, sino también de la tensión aplicada al primario del transformador y a la entrada de la fuente de alimentación.

Recuerde, a título de ejemplo, que la tensión máxima, o sea, la f.e.m. en el secundario del transformador de la fuente de alimentación que hemos montado, era de 6'3 V para el devanado que alimenta los filamentos. Pero será así siempre que la tensión de entrada sea de 125 V, y sería otra si variase la tensión de 125 V.

UNA CUESTION DE NOMENCLATURA

Estamos a un paso del tema básico de esta lección. Antes de entrar en él, creemos necesario advertirle de algunas cuestiones de nomenclatura, que si ignorase podrían llevarle a confusiones o a un papel poco brillante ante los que están acostumbrados a emplear un léxico *profesional*.

Es muy frecuente hablar de la f.e.m. de un generador, diciendo que *es la tensión que el generador suministra en vacío*. Con esta expresión se hace referencia al hecho de que el generador no suministra corriente. En otras palabras: *el generador trabaja en vacío cuando no hay ningún dispositivo conectado entre sus bornes.*

En contraposición, si el generador suministra corriente se dice que *trabaja en carga*. La carga es, precisamente, el dispositivo conectado a sus bornes.

De ahí, pues, la denominación de resistencia de carga con que identificamos la que se conecta entre la placa de un triodo y la batería correspondiente.

Quedamos, pues, en que *fuerza electromotriz* y *tensión en vacío* son expresiones sinónimas.

EL TRIODO COMO GENERADOR DE SEGUNDA ESPECIE

Después de lo mucho que llevamos estudiado, puede darse perfecta cuenta de que la misión fundamental de las baterías de placa, de rejilla y filamentos (o fuentes de energía eléctrica que pueden sustituirlas) no es otra que la de llevar al triodo a las condiciones de funcionamiento necesarias para su acción específica. Pero estas baterías, en realidad, no contribuyen en nada a las propiedades amplificadoras de la válvula; son únicamente suministradores de energía eléctrica.

La tensión de la batería de rejilla se adiciona a la tensión que deseamos amplificar. Su misión exclusiva consiste en mantener la rejilla con una tensión constantemente negativa. En cuanto a la batería de placa, tiene por misión conseguir que la placa quede siempre a un potencial positivo, única forma de hacer que a través del triodo circule la corriente cuyo paso deseamos controlar.

Advierta que, una vez satisfechas estas dos condiciones (mantenimiento de una tensión de rejilla negativa y una tensión de placa positiva), la amplificación obtenida depende única y exclusivamente de las características del propio triodo y de la resistencia de carga que hayamos empleado; no de las baterías, lo repetimos.

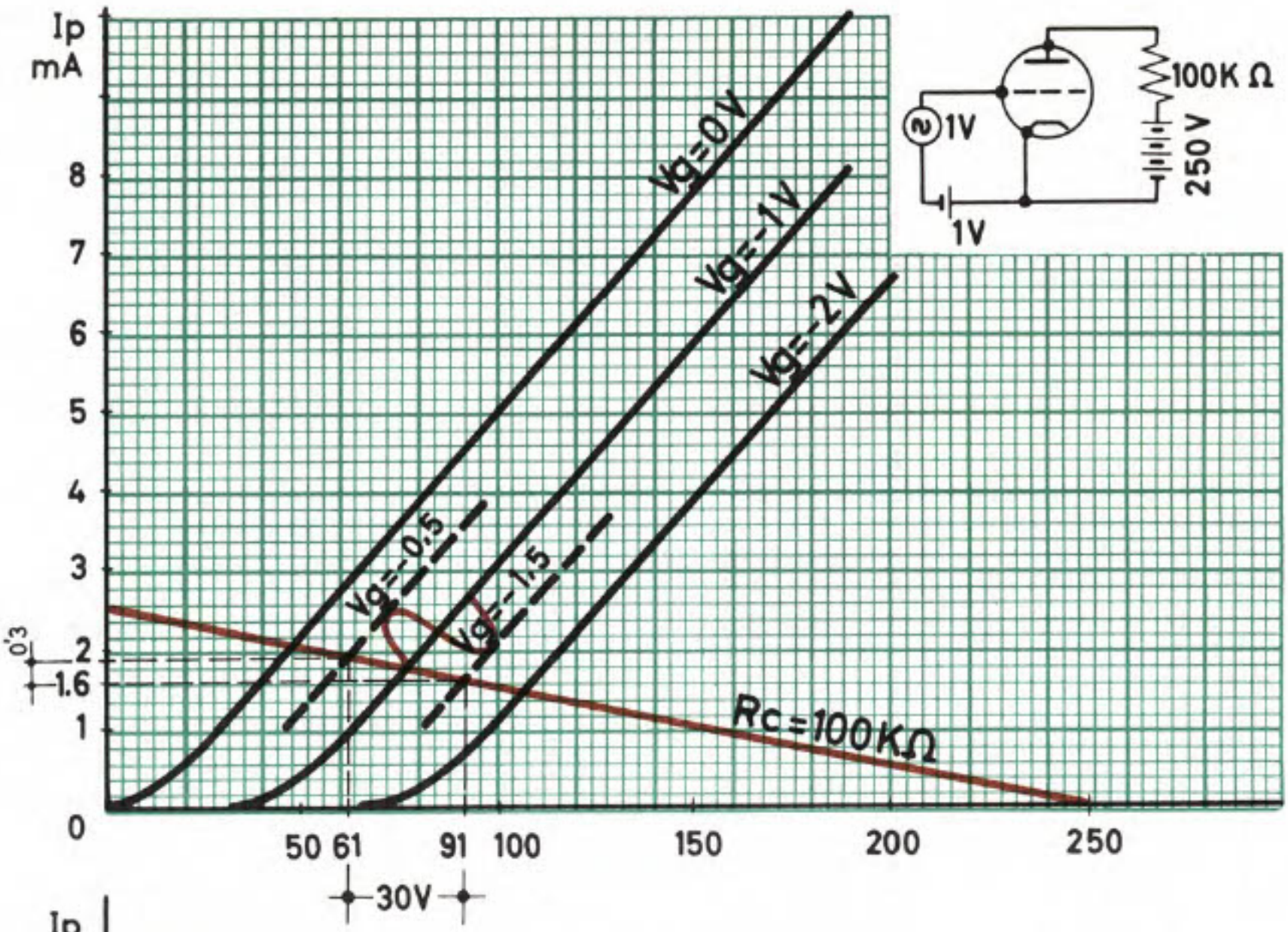
Puede comprobar lo que acabamos de decir en los gráficos adjuntos, donde se demuestra que empleando una batería de placa de 300 V y una batería de rejilla de 2 V en vez de los 250 V y 1 V que veníamos empleando en nuestros ejemplos anteriores, pero manteniendo una resistencia de carga de 100 KΩ, las variaciones de tensión e intensidad que se hallan en la placa del triodo por una variación de 1 V en la tensión de rejilla son exactamente iguales. En ambos casos la ganancia es G = 30. Lo único que ha variado es el punto de trabajo del triodo y los límites entre los que tienen lugar dichas variaciones.

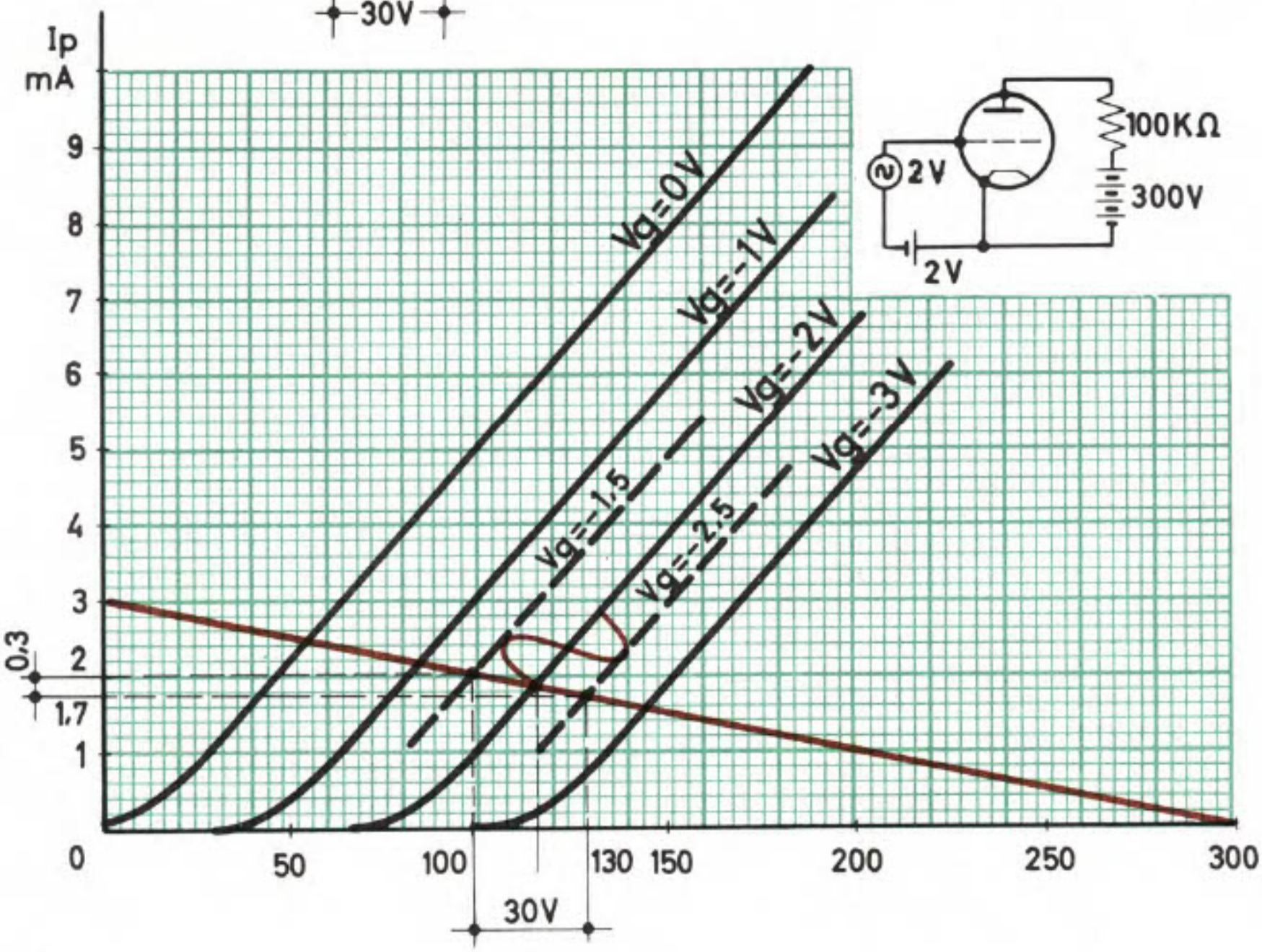
Tanto es así, que si dispusiéramos en el interior de sendas cajas, de las que sólo emergieran los terminales de entrada y salida, los dos montajes provistos de un grupo RC para eliminar la componente continua, no podríamos distinguirlos por su funcionamiento.

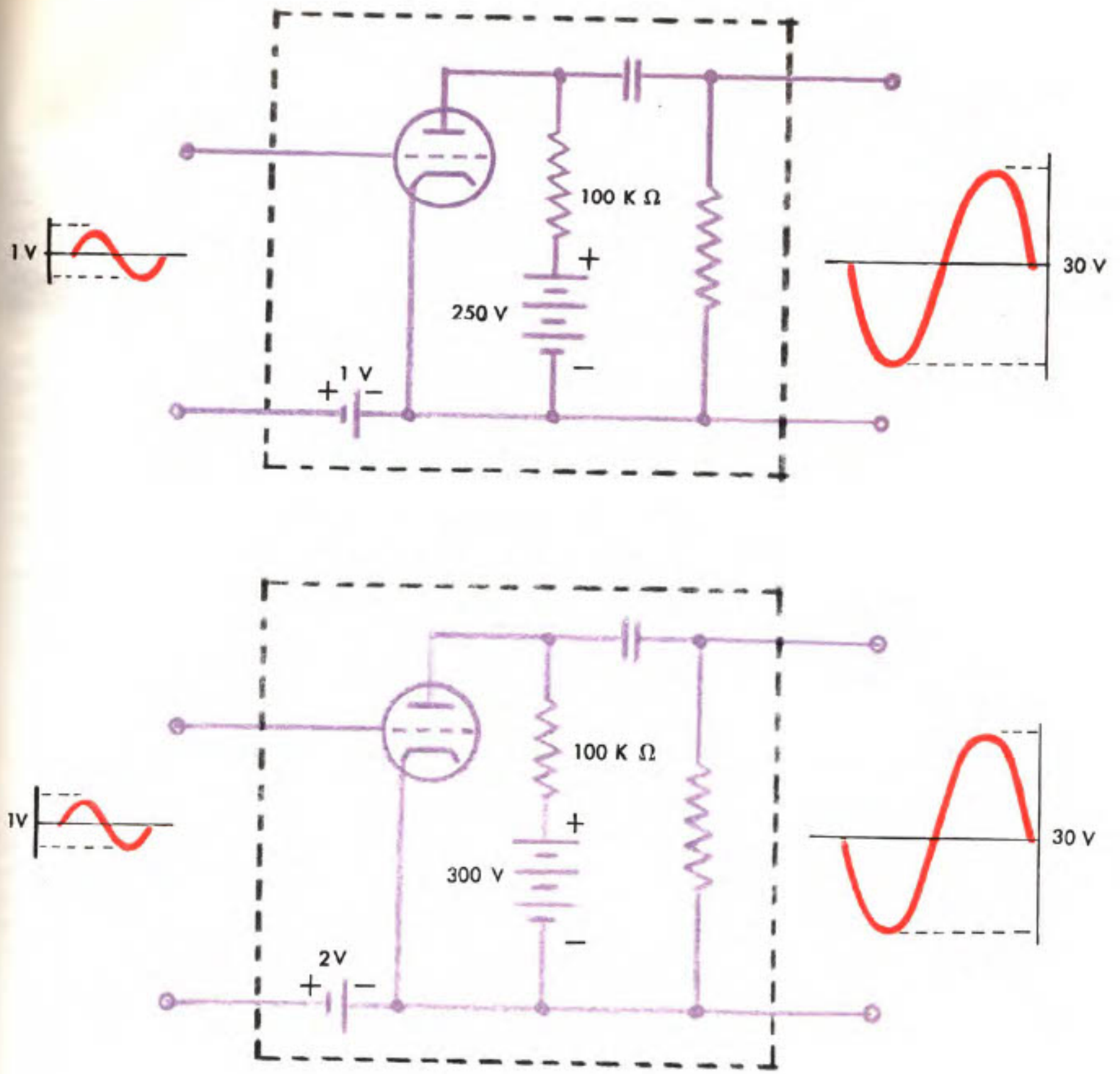
Al aplicarles a la entrada de una tensión alterna de 1 V de pico a pico, obtendríamos a la salida de ambos montajes una tensión 30 veces mayor.

Recuerde que en la lección octava insistimos en el hecho importante de que el funcionamiento de los triodos dependía de las variaciones de la tensión e intensidad en sus electrodos y no del valor total de estas magnitudes.

Así, pues, puesto que las baterías aplicadas al triodo no influyen en el valor de la amplificación


Ip
mA
8
7
6
5
4
3
2
1.6
1
0
0'3
Vg=0V
Vg=-1V
Vg=-2V
Vg=-0,5
Vg=-1,5
Rc=100KΩ
50 61
91 100
150
200
250
30V
1V
1V
100K Ω
250 V


Ip
mA
9
8
7
6
5
4
3
2
1,7
1
0
0,3
Vg=0V
Vg=-1V
Vg=-2V
Vg=-3V
Vg=-1,5
Vg=-2,5
50
100
130 150
200
250
300
30V
2V
2V
100KΩ
300V

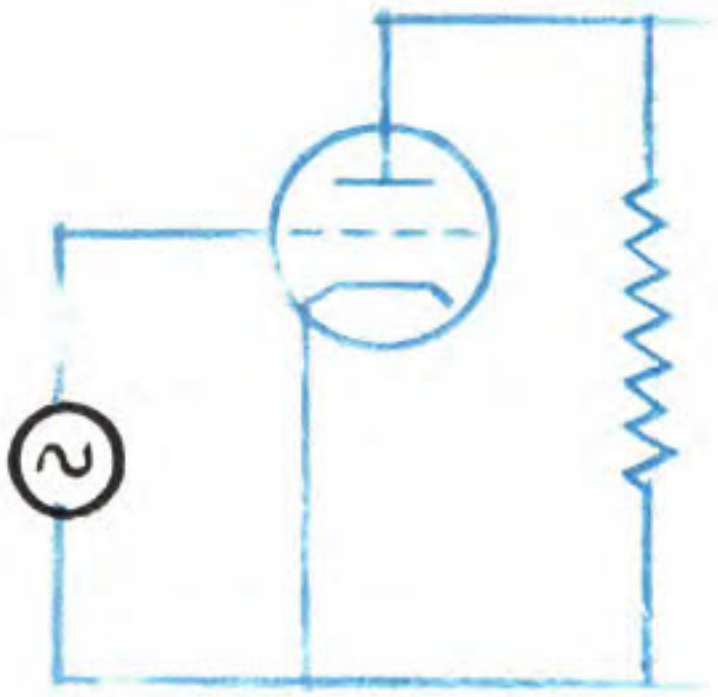


A pesar del valor distinto de las tensiones que proporcionan las baterías, el comportamiento de los dos montajes sería idéntico.

que pueda proporcionar, es lógico y frecuente que los amplificadores se esquematicen prescindiendo de ellas.

Poco a poco va perfilándose lo que nos interesa demostrar: que un triodo puede considerarse como un generador de segunda especie.

Puesto que, al aplicar una tensión de un valor determinado a la entrada de un triodo, la tensión amplificada que obtenemos a la salida depende sólo del tipo de triodo empleado y del valor de la resistencia de carga (nos referimos, claro, al valor de la componente alterna), resulta inmedia-



Cuando se esquematiza un amplificador pueden suprimirse las baterías... sobrentendiendo su existencia.

ta la comparación del triodo con un generador, cuya tensión entre bornes depende de su naturaleza y de la resistencia conectada entre sus bornes.

Y de la misma manera que hemos considerado que una pila debía desglosarse en un generador y una resistencia en serie con él (era la resistencia interna), también podemos considerar un triodo como un generador de corriente alterna en serie con una resistencia interna, que será la que al hablar de los parámetros de un triodo denominábamos su resistencia interna o resistencia de placa.

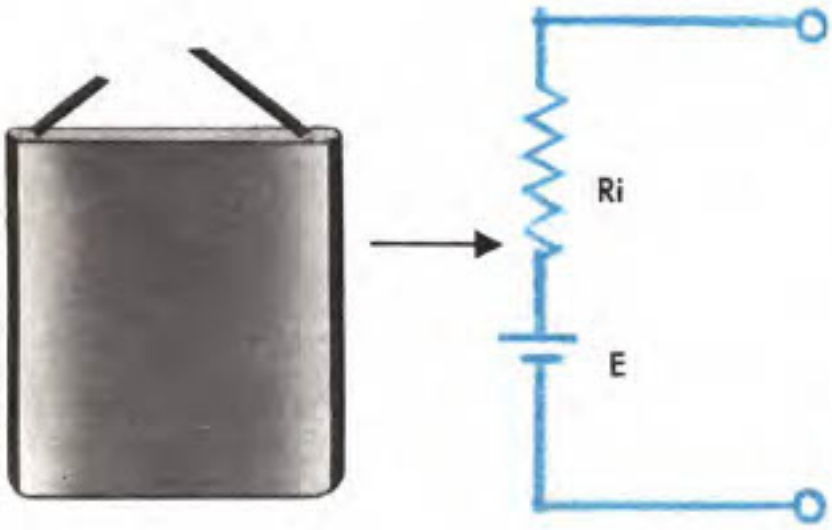
Un triodo, como todo generador de primera o de segunda especie, tiene una f.e.m. Pero como el triodo es un generador de segunda especie, resulta que su f.e.m. depende de la tensión que le apliquemos.

Concretando, diremos que la f.e.m. de un triodo es el producto de la tensión de entrada por su coeficiente de amplificación (μ). Si la tensión de entrada es V_e, la f.e.m. del triodo será $\mu \times V_e$.

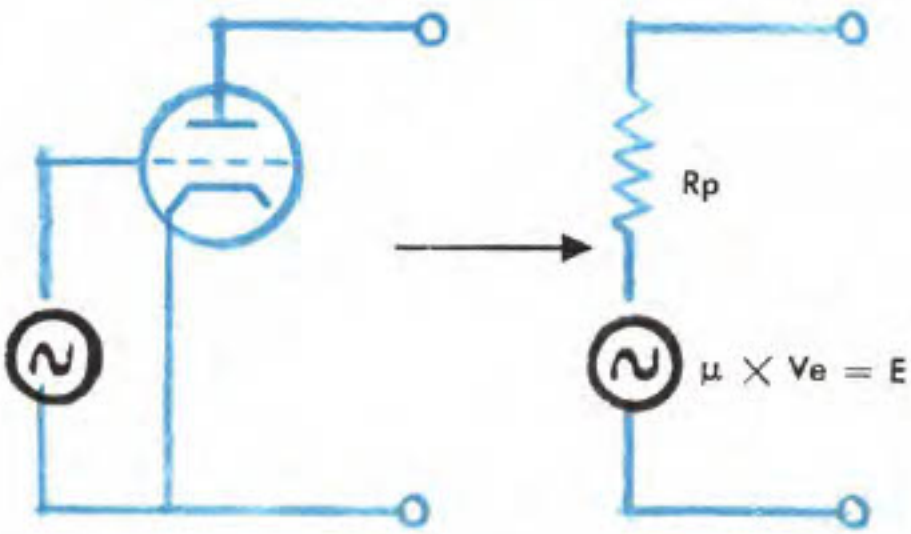
CIRCUITO EQUIVALENTE DE UN TRIODO

Al circuito formado por un generador de f.e.m. $= \mu \times V_e$ y una resistencia interna de valor R_p, junto con la resistencia externa a él conectada, se le llama circuito equivalente del triodo, ya que su funcionamiento, por lo que respecta a la componente alterna, es idéntico en ambos dispositivos: triodo y circuito equivalente.

Supuesta esta equivalencia, vamos a comparar, punto por punto, el funcionamiento de un triodo y el de una pila. En esta comparación simplificaremos los datos suponiendo que la tensión aplicada a la entrada del triodo es $V_e = 1$ V. De esta forma la tensión que encontramos a la salida será, al mismo tiempo, la ganancia del triodo.



Una pila puede considerarse formada por un generador de corriente continua y una resistencia interna.



Un triodo puede considerarse formado por un generador de corriente alterna y una resistencia interna.

CALCULO DE LA TENSION MAXIMA DE SALIDA

En virtud de la similitud entre el triodo y su circuito equivalente, bastará efectuar los cálculos en el segundo para obtener unos resultados aplicables al primero.

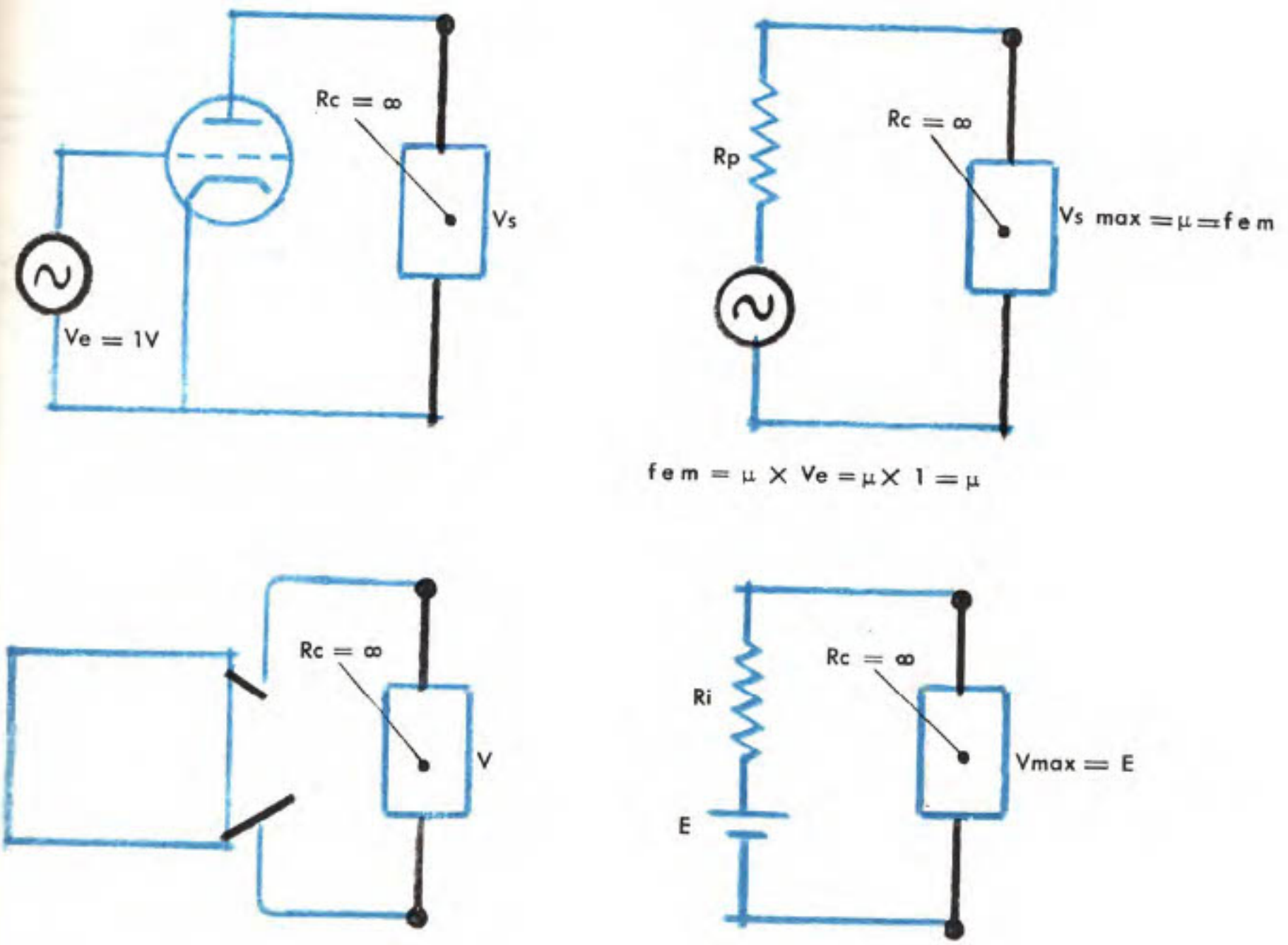
Así, en el caso de desear saber cuál será la tensión máxima de salida de un triodo, deberemos responder que, al igual que en el caso de una pila, será igual a la f.e.m. Es decir:

$$V_s = E, \text{ siendo } E = \mu \times V_e$$

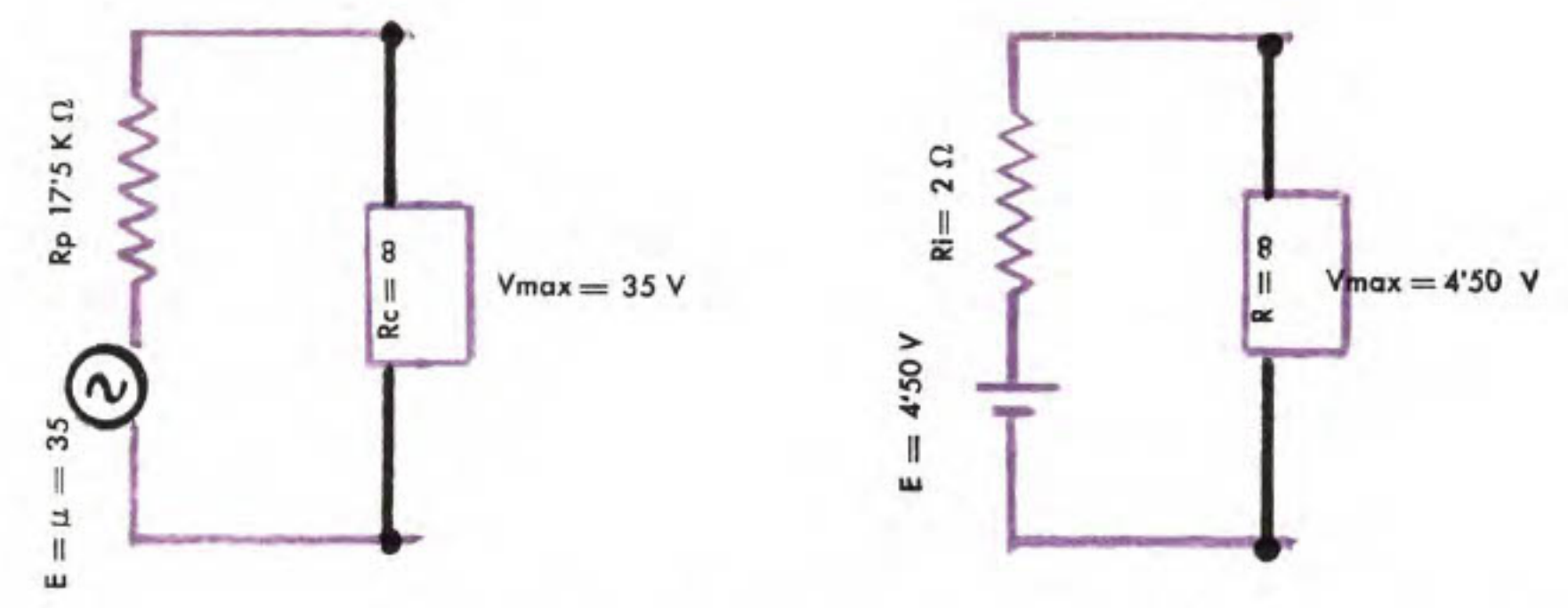
Recordemos que en el ejemplo concreto que nos hemos propuesto decíamos que la tensión a la entrada era $V_e = 1$ V. Luego:

$$V_s = \mu \times V_e = \mu \times 1 = \mu$$

La tensión máxima se consigue cuando la resistencia de carga R_c es de valor infinito, resultado que ya conocemos.



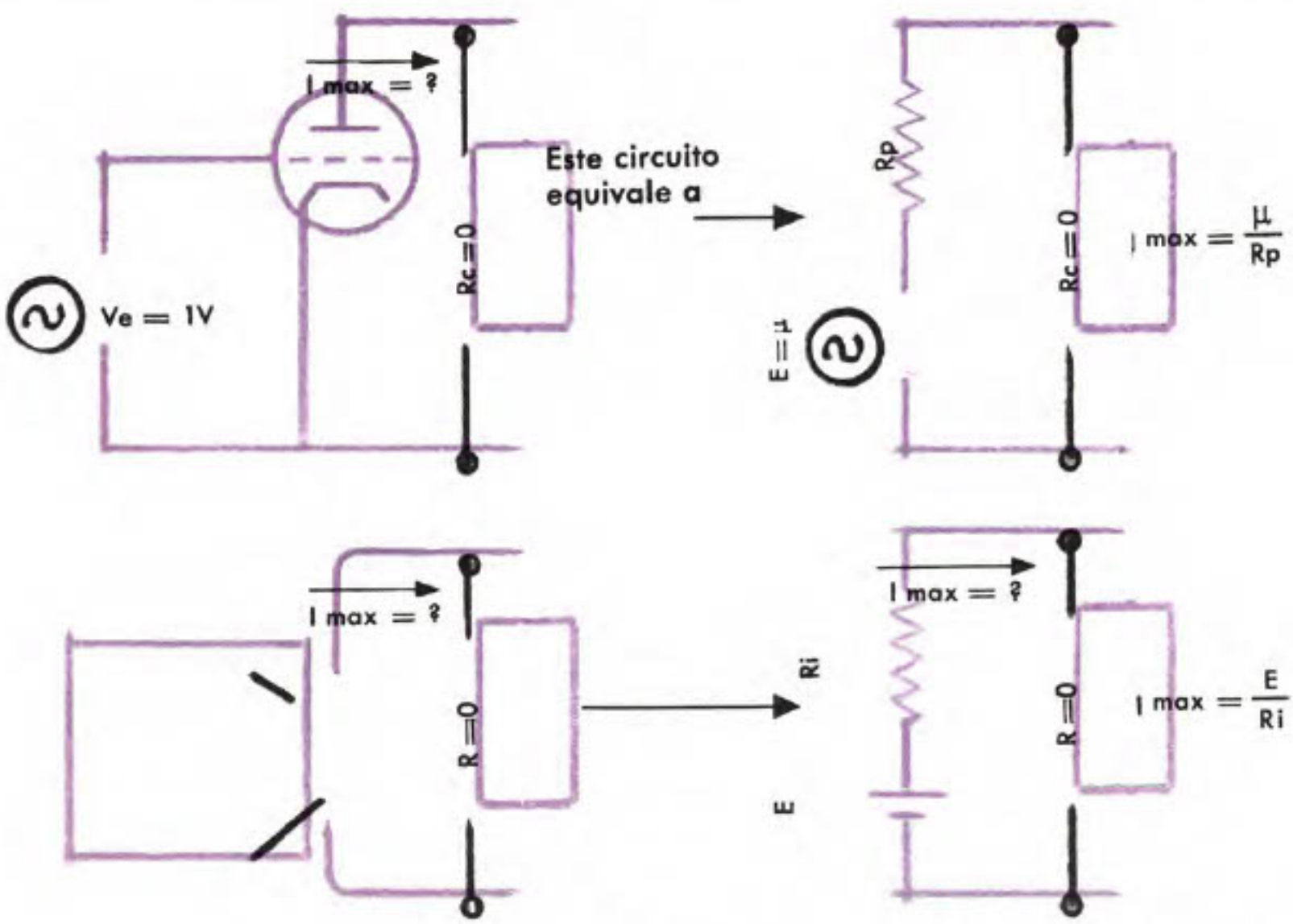
Éstos gráficos nos ilustran de cómo encontrar la máxima tensión de salida, y por tanto la ganancia, de un triodo, en el supuesto de que la tensión a la entrada del mismo sea $V_e = 1$ V. Advierta cómo en el circuito equivalente del triodo se trabaja exactamente igual que en el circuito formado por una pila y una resistencia exterior. Comparando ambos circuitos veremos que en el equivalente del triodo se ha sustituido R_i por R_p; la f.e.m. de la pila (E) se ha sustituido por $\mu \times V_e$, que en este caso concreto es igual a $\mu \times 1 = \mu$. La resistencia R es, en el circuito equivalente, la de carga R_c.



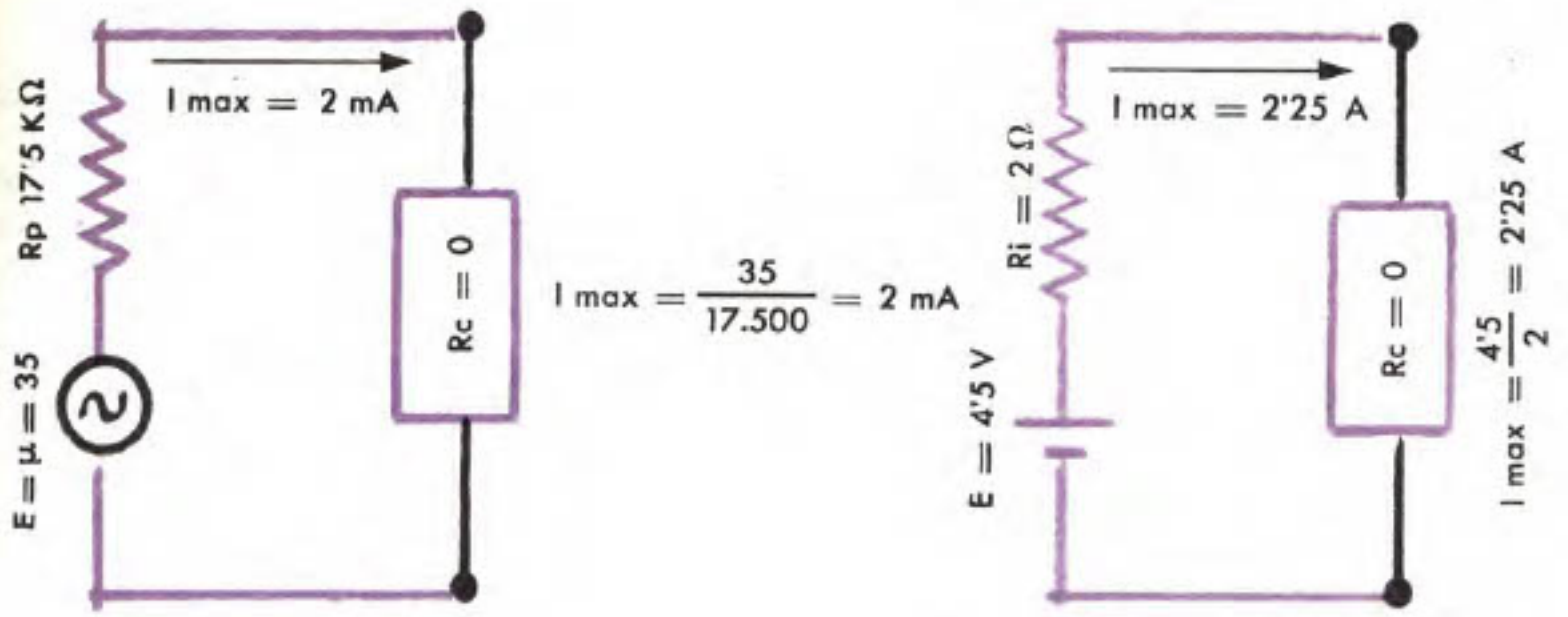
Tanto en el caso de un triodo (circuito equivalente) como en el de una pila con una resistencia exterior (de carga en el caso del triodo), la máxima tensión de salida es igual a la f.e.m. (factor de amplificación en el triodo).

CALCULO DE LA INTENSIDAD MAXIMA DE SALIDA

Si lo que deseamos saber es la máxima intensidad que puede suministrar el triodo cuando se le aplica una tensión de entrada de 1 V, procederemos de forma análoga, teniendo en cuenta que obtendremos esta intensidad máxima con una resistencia de carga de valor nulo: $R_c = 0$.



Observemos que también en este caso el triodo con resistencia de carga puede compararse a la pila con resistencia exterior.



Cuando la resistencia de carga es nula el triodo funciona como amplificador de intensidad. La máxima intensidad que suministra el triodo cuando se le aplica una tensión de entrada $V_e = 1$ V se calcula como en el caso de una pila.

Recordemos ahora que desde que hemos hablado del circuito equivalente a un triodo hemos dicho que se suponía formado por un generador de f.e.m. $= V_e \times \mu$.

De esta premisa resulta que, al aplicar a la rejilla de un triodo una tensión de 1 V, la máxima intensidad que puede suministrar será, por similitud con una pila,

$$I_{max} = \frac{E}{R} = \frac{\mu \times V_e}{R_p} = \frac{\mu}{R_p}$$

puesto que acabamos de decir que $V_e = 1$.

En otras palabras: para $V_e = 1$, la intensidad de placa máxima es el cociente entre el factor de amplificación y la resistencia de placa.

Como por otra parte sabemos que la máxima variación de intensidad en la placa del triodo por cada voltio aplicado a la rejilla es la pendiente S del triodo, resulta que $S = \mu/R_p$.

Insistimos en que en todos los triodos se cumple que:

$$S = \frac{\mu}{R_p}$$

La pendiente (S) es igual al cociente de dividir el factor de amplificación (μ) por la resistencia interna (o de placa R_p).

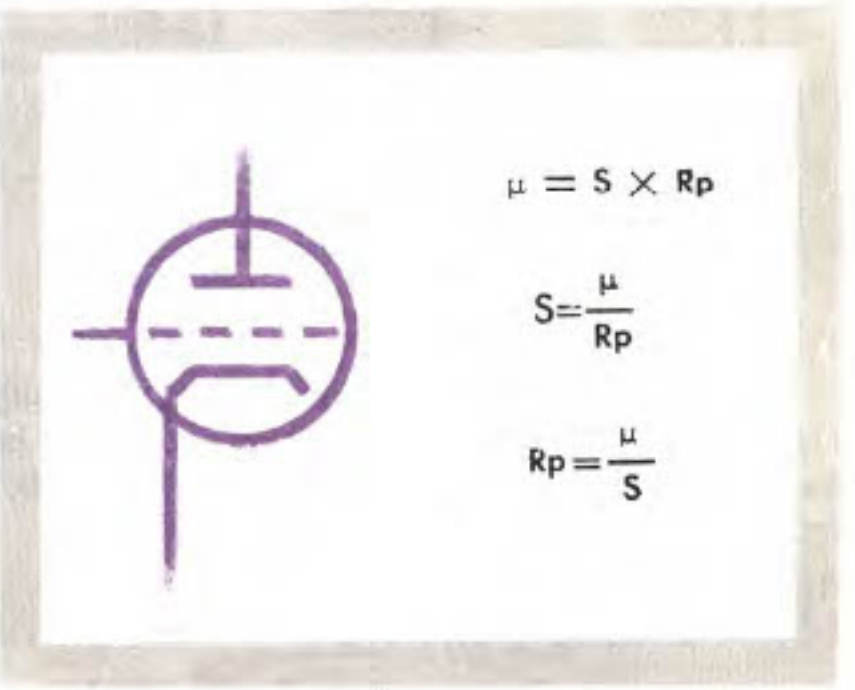
También se cumple, claro está, que:

$$\mu = S \times R_p \text{ y } R_p = \frac{\mu}{S}$$

Veamos cómo se cumplen estas igualdades en el triodo ideal, en el cual tenemos un factor de amplificación $\mu = 35$ y una resistencia interna $R_p = 17'5$ KΩ.

La pendiente del triodo ideal será de:

$$S = \frac{\mu}{R_p} = \frac{35}{17.500} = 0'002 \text{ A/V} = 2 \text{ mA/V}$$

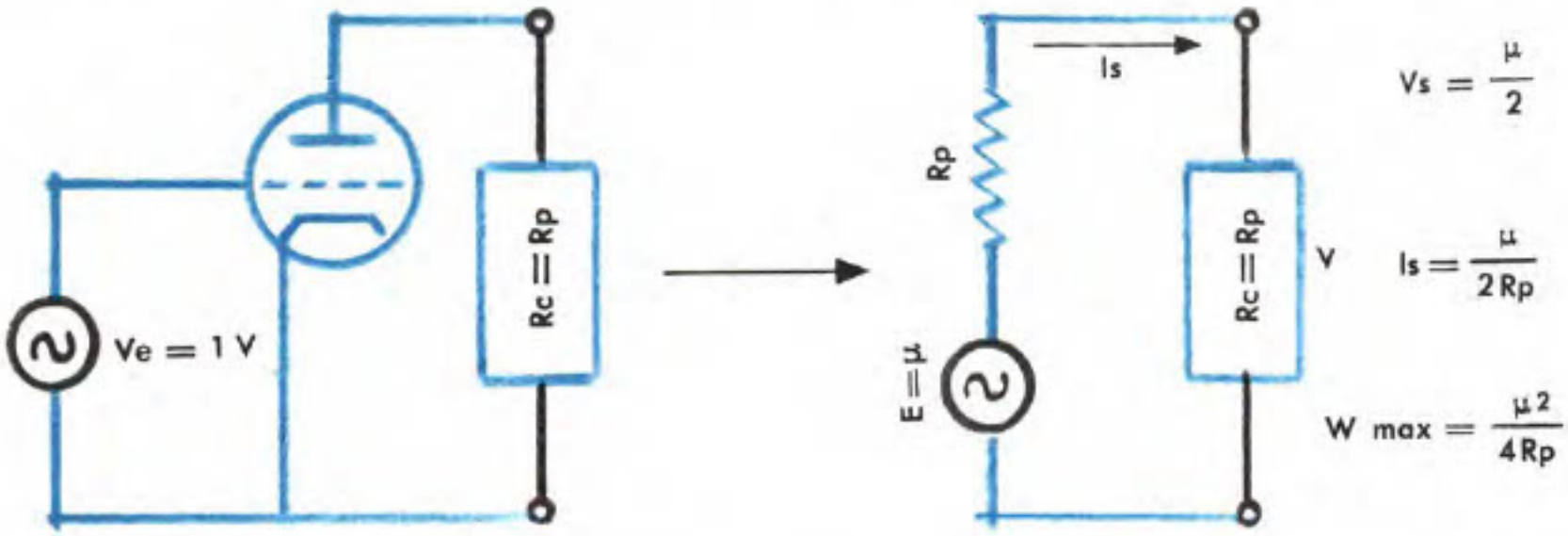


Conviene que retenga estas tres fórmulas, que proporcionan el valor de uno de los tres factores de un triodo cuando se conocen los dos restantes.

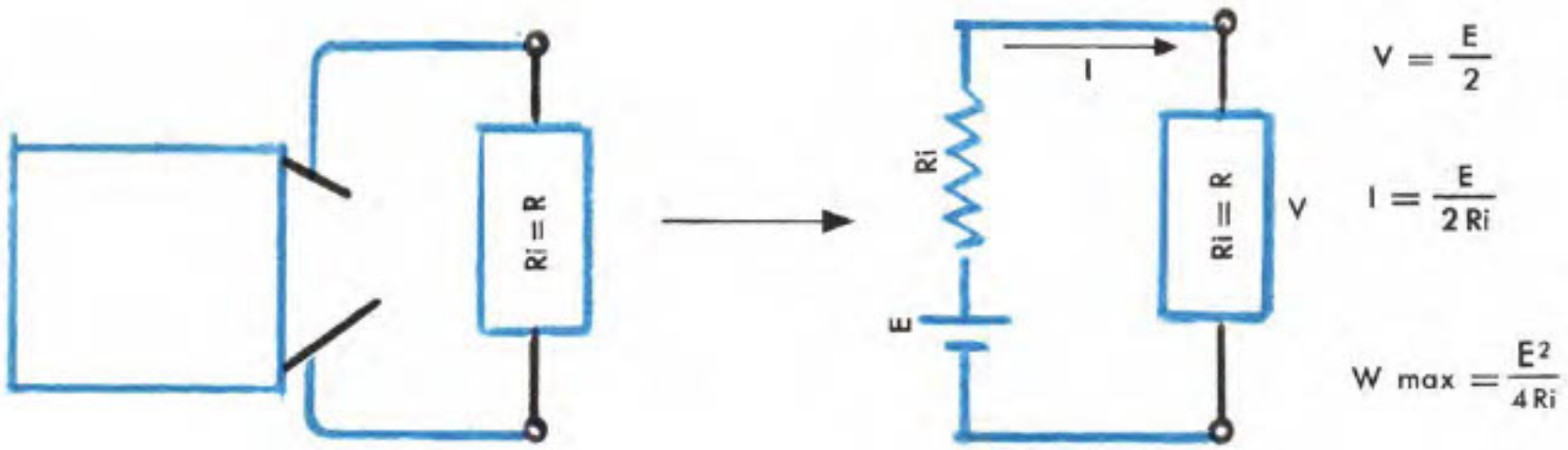
CALCULO DE LA INTENSIDAD, TENSION Y POTENCIA CUANDO LA RESISTENCIA DE CARGA TIENE UN VALOR CUALQUIERA

Sabemos que, en la práctica, la resistencia de carga no será infinita ni de valor cero, en cuyo caso tendremos un valor para la tensión y otro para la intensidad que no serán ni máximos ni nulos. Por tanto, tendremos también un valor determinado y no nulo para la potencia que aplica el triodo a la resistencia de carga.

Pensando siempre en la similitud entre un triodo y un generador (pila) será fácil calcular estos valores.



Estos son los cálculos a realizar en un triodo. Observe cómo corresponden a los que efectuaríamos en el caso de una pila en la cual fuese $E = \mu$ y $R_i = R_p$.



Importa no olvidar que la tensión en rejilla suponemos que es 1 V, porque, en este caso, la tensión de salida será la ganancia de tensión (G_v) del triodo. Es decir:

$$V_s = G_v = \frac{\mu \times R_c}{R_p + R_c}$$

He aquí una fórmula importante que no debe olvidar, o que debe saber dónde localizar si la memoria llega a desprenderse de ella, como tampoco debe olvidar la fórmula que corresponde a la intensidad en el circuito de placa. Véala y prepárese a estudiar su aplicación:

$$I_s = \frac{\mu}{R_p + R_c}$$

Veamos un caso concreto, suponiendo que en el triodo ideal conexionamos una resistencia de carga $R_c = 100.000\ \Omega$. Efectuemos los cálculos y veamos también cómo se corresponden con los resultados que antes hemos obtenido trabajando sobre las características de placa. (Vea la página 198.) Será:

Datos conocidos:

$R_c = 100.000\ \Omega$
$R_p = 17.500\ \Omega$
$\mu = 35$
$V_e = 1\ V$

De donde se deduce:

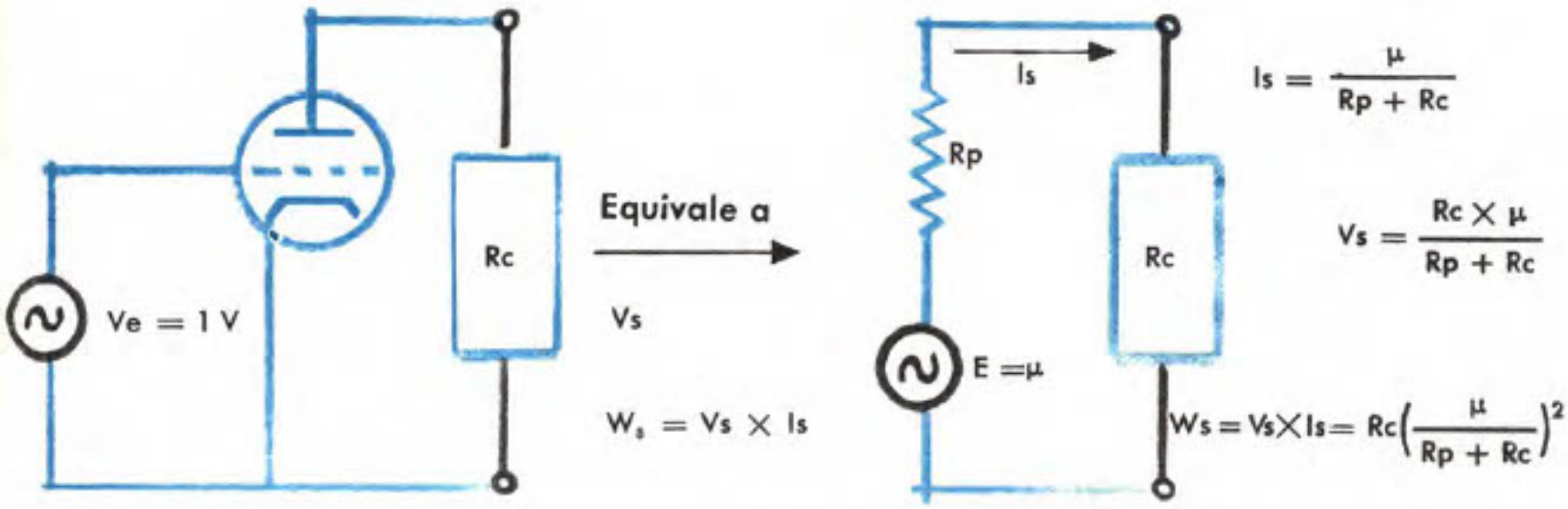
$$V_s = G_v = \frac{\mu \times R_c}{R_p + R_c} = \frac{35 \times 100000}{17500 + 100000} = 29'7 \quad 30\ V$$

$$I_s = \frac{\mu}{R_p + R_c} = \frac{35}{17500 + 100000} = 0'297 \quad 0'3\ mA$$

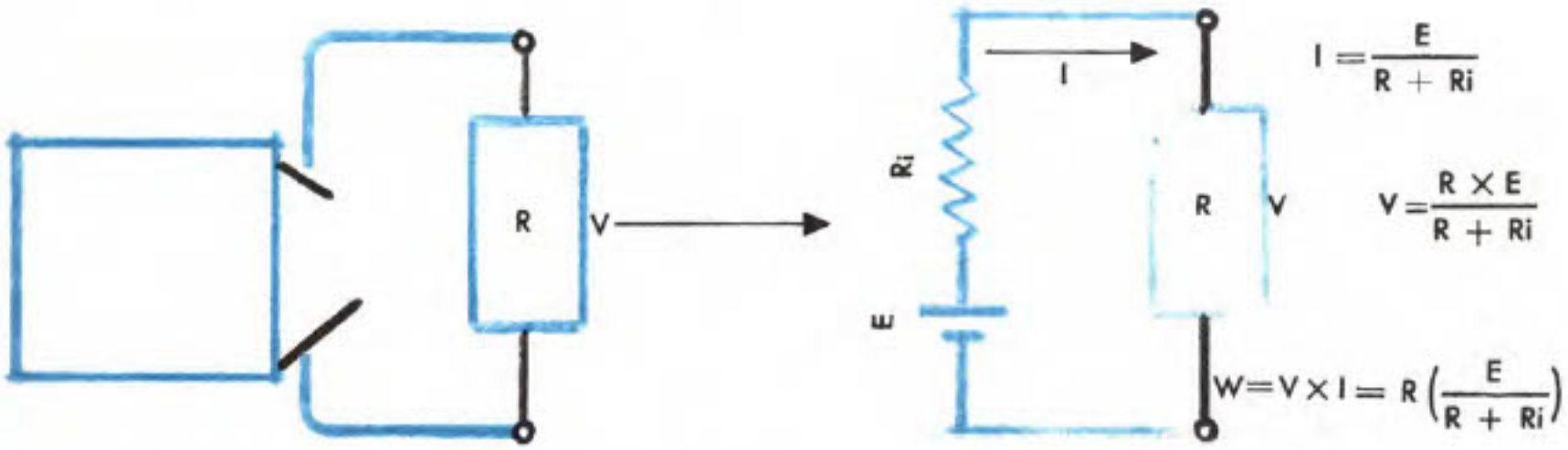
EL TRIODO COMO AMPLIFICADOR DE POTENCIA

Acabamos de calcular V_s e I_s cuando $R = 100\ K\Omega$. Hemos obtenido una potencia; y cabe preguntarse si podemos obtener mayor potencia manteniendo la tensión de rejilla en 1 V. Efectivamente, podemos obtener una potencia mayor; y con esta afirmación damos respuesta a la pregunta que nos hemos formulado al principio de la lección: ¿cómo obtener la máxima potencia que un triodo puede aplicar a la resistencia de placa?

Digámoslo: ELIGIENDO PARA ESTA RESISTENCIA DE CARGA UN VALOR IGUAL AL DE LA RESISTENCIA INTERNA DEL TRIODO. Es decir, haciendo que $R_c = R_p$.



Este es el caso en el cual obtenemos la potencia máxima suministrada por el triodo cuando es $R_c = R_p$. Observe, como siempre, que se trata de los mismos cálculos que nos llevan al conocimiento de la tensión, intensidad y potencia de una pila (cuando en ella se cumple que $R = R_i$).



Insistimos: cuando la resistencia de carga de un triodo tiene el mismo valor que su resistencia de placa, la potencia aplicada a dicha resistencia vendrá dada por esta expresión:

$$W_{max} = \frac{\mu^2}{4\ R_p}$$

PARA CALULAR LA POTENCIA, LA INTENSIDAD Y LA TENSION DEBEN EXPRESARSE EN VALORES EFICACES

Recordemos otra vez que *el circuito equivalente de un triodo es válido única y exclusivamente para calcular la componente alterna de tensión y de la intensidad en la resistencia de carga.* Por tanto, la potencia calculada es la que se debe a esta componente alterna.

Si no ha olvidado las cuestiones tratadas en la lección 11 (es de suponer que no), recordará que, por definición, la potencia de una corriente alterna, expresada en vatios, es EL PRODUCTO DE LA TENSIÓN EFICAZ por LA INTENSIDAD EFICAZ.

Así, pues, la fórmula

$$W = \frac{\mu^2}{4\,R_p} \text{ vatios}$$

es válida cuando la tensión aplicada a la rejilla es de 1 V eficaz y no de 1 voltio de pico a pico, como hemos venido considerando para no complicar las cosas.

Si deseamos que la tensión de salida V_s y la intensidad I_s vengan expresadas en valores eficaces, será también preciso que la tensión de entrada V_e venga dada también en valores eficaces.

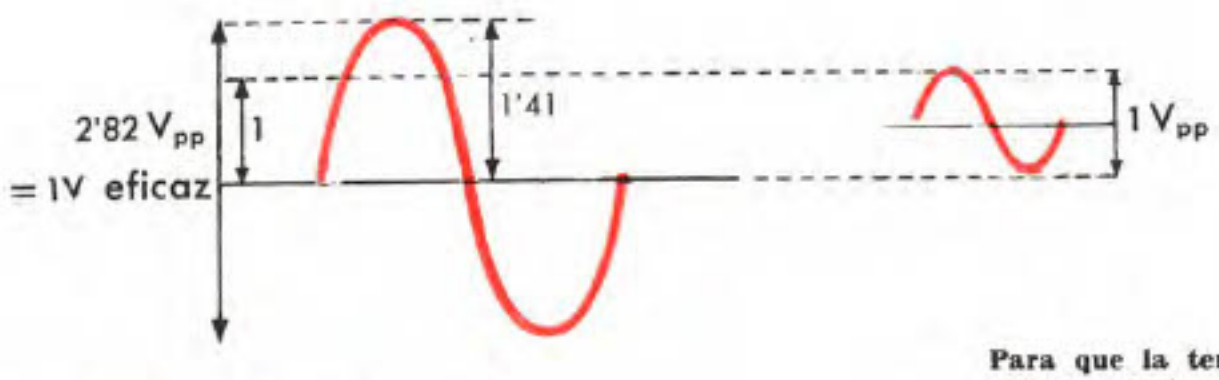
Aquí, desde luego, hacemos una consideración de orden teórico, porque ya sabemos que los voltímetros y amperímetros para c.a. dan lecturas correspondientes a los valores eficaces de las tensiones e intensidades medidas.

Pero no por ello deja de ser interesante saber qué relación existe entre un voltio eficaz (abreviado 1 V_{eff}) y un voltio de pico a pico (abreviado 1 V_{pp}).

Esta relación es la siguiente:

$$1\ V_{eff} = 1\ V_{pp} \times \sqrt{2} \times 2 = 2'82\ V_{pp}$$

Es decir, que si al medir una tensión alterna con el téster la lectura es de 1 V (será un valor eficaz), la tensión de pico a pico existente entre los dos puntos considerados será de 2'82 V_{pp}



Para que la tensión eficaz sea de 1 voltio, se requiere una tensión entre picos de 2'82 voltios.

AUMENTO DE LA POTENCIA

Se comprende que la fórmula de la potencia que hemos dado representa la mayor que podremos obtener cuando V_e es igual a 1 V_{eff}. Pero si, una vez hemos hecho que $R_c = R_p$, aumentamos la tensión de entrada, la potencia de salida crecerá proporcionalmente.

Claro que este crecimiento tiene un límite, porque, como ya sabemos, la tensión en la rejilla no puede aumentarse impunemente. Si la hacemos muy negativa se cortará la corriente a través del triodo. Si llega a hacerse positiva, circulará corriente de rejilla, cosa que, en general, debe evitarse.

Para concretar, calculemos la máxima potencia suministrada por el triodo ideal cuando $V_e = 1\ V_{eff}$.

En este caso es $\mu = 35$ y $R_p = 17.500\ \Omega$

La condición indispensable para que la potencia sea máxima es que la resistencia de carga sea también de 17.500 Ω. Así, tendremos:

$$W = \frac{\mu^2}{4\,R_p} = \frac{35^2}{4 \times 17500} = 0'0175 \text{ vatios}$$

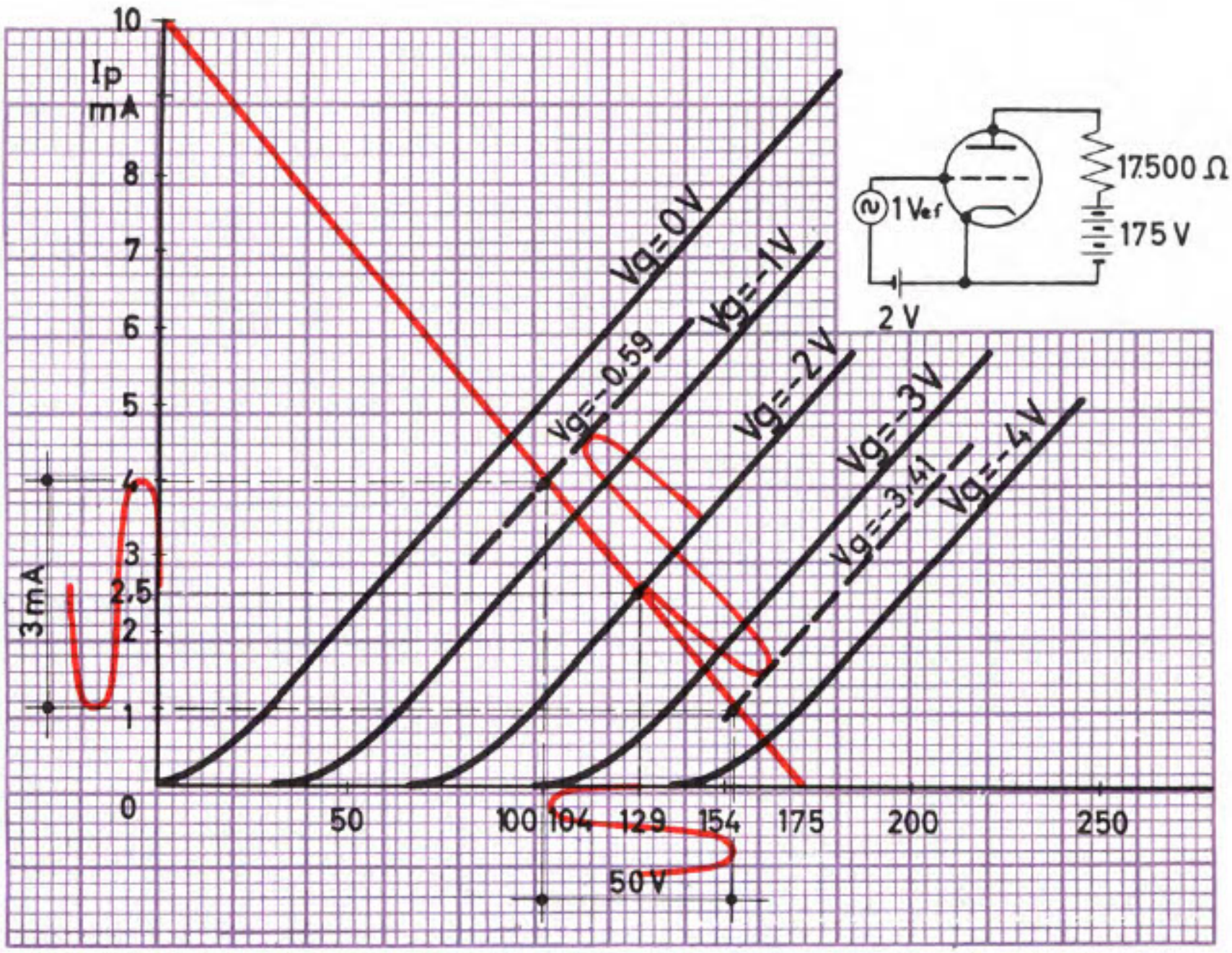
CALCULO GRAFICO DE LA POTENCIA MAXIMA

El resultado que hemos obtenido numéricamente puede obtenerse también a partir de las características de placa del triodo. Veamos cómo:

Supongamos, para concretar, que hemos elegido una batería de placa de 175 V y una batería de rejilla de 2 V.

La recta de carga, puesto que debe ser $R_c = R_p$, corresponderá a una resistencia de carga de 17.500 Ω. Para trazar esta recta deberemos unir el punto $V_p = 175$ V, del eje horizontal, con el punto del eje vertical que corresponde a una intensidad I_p de:

$$I_p = \frac{175}{17500} = 0'01 \text{ A} = 10 \text{ mA}$$



Esta recta de carga corta la característica $V_g = -2$ en un punto que indica la tensión de placa ($V_p = 125$ V) y la intensidad I_p de placa (2'7 miliamperios), en el supuesto de que la rejilla esté directamente conectada a la batería de polarización. Es decir: este punto es el punto de trabajo.

Ahora bien, si añadimos a la rejilla una tensión alterna de valor eficaz igual a 1 V eficaz (lo que según hemos dicho antes representa añadirle una tensión alterna de 2'82 voltios de pico a pico), la tensión entre la rejilla y el cátodo variará entre —0'59 voltios negativos y —3'41 voltios negativos.

Puede que no acabe de comprender esta última conclusión; pero seguro que se le aclarará la cuestión si advierte que una tensión alterna de 2'82 voltios entre picos representa que la curva varía entre un máximo positivo de 1'41 voltios y un máximo negativo de —1'41 voltios. Por otra parte, considere que aplicamos constantemente a la rejilla una tensión continua negativa de —2 voltios y que a esta tensión se le van sumando alternativamente valores positivos y negativos de valor máximo igual a 1'41 V. Así, cuando el valor máximo de la tensión alterna aplicada a la rejilla es positivo, la tensión resultante en la rejilla será:

$$-2 + 1'41 = -0'59 \text{ voltios (negativos)}$$

Y cuando la tensión alterna máxima que se suma a los —2 voltios de la batería de polarizacion sea negativa, la tensión, en la rejilla, será:

$$-2 + (-1'41) = -3'41 \text{ voltios (negativos)}$$

Resulta, pues, que al añadir a la tensión de rejilla (tensión de polarización de —2 V) otra tensión alterna de 1 voltio eficaz, el punto de trabajo se desplaza recorriendo la recta de carga en el tramo comprendido entre las características de placa $V_g = -0'59$ voltios y $V_g = -3'41$ voltios.

En la representación gráfica de este hecho se nos presenta un pequeño problema: el que representa el hecho de que estas características no figuren en el diagrama.

Es un problema que aparece con relativa frecuencia: ¿cómo situar estas características, en el lugar que les corresponde en el gráfico de las características de placa de un triodo?

Aunque la característica $V_g = -0'59$ no esté trazada, comprendemos inmediatamente que, por el valor que representa para V_g, debe quedar entre las características $V_g = 0$ y $V_g = -1$. Además podemos afirmar también que deberá situarse más cerca de $V_g = -1$ que de $V_g = 0$, por la sencilla razón de que el valor absoluto, 0'59, está más cerca del valor 1 que del valor cero (le sobran 0'09 para ser el justo valor medio entre cero y uno).

Para situar esta característica $V_g = -0'59$ dividiremos en diez partes el tramo de recta de carga comprendido entre $V_g = 0$ y $V_g = -1$. A partir de $V_g = 0$ contemos 5'9 de estas partes (prácticamente 6) y hagamos pasar por este punto una paralela al tramo recto de las características de placa ya existentes en el gráfico. Habremos situado la nueva característica.

De forma análoga encontraremos la característica $V_g = -3'41$. Ahora haremos las diez divisiones sobre el tramo de recta de carga comprendido entre $V_g = -3$ y $V_g = -4$. La división 4 (o más exactamente 4'1) señala el punto de la recta de carga por donde debe pasar la nueva característica.

Este es el procedimiento que hemos seguido para trazarlas en nuestro gráfico, en el cual advertimos que para estas variaciones de la tensión de rejilla la componente alterna de la intensidad de placa (véalo en el eje vertical) vale 4 — 1'2 = 2'8 miliamperios de pico a pico, o sea 0'0028 A entre picos, y que la tensión de placa tiene unas variaciones comprendidas entre 154 — 104 = 50 V de pico a pico.

Expresando estos valores de pico en valores eficaces, tendremos:

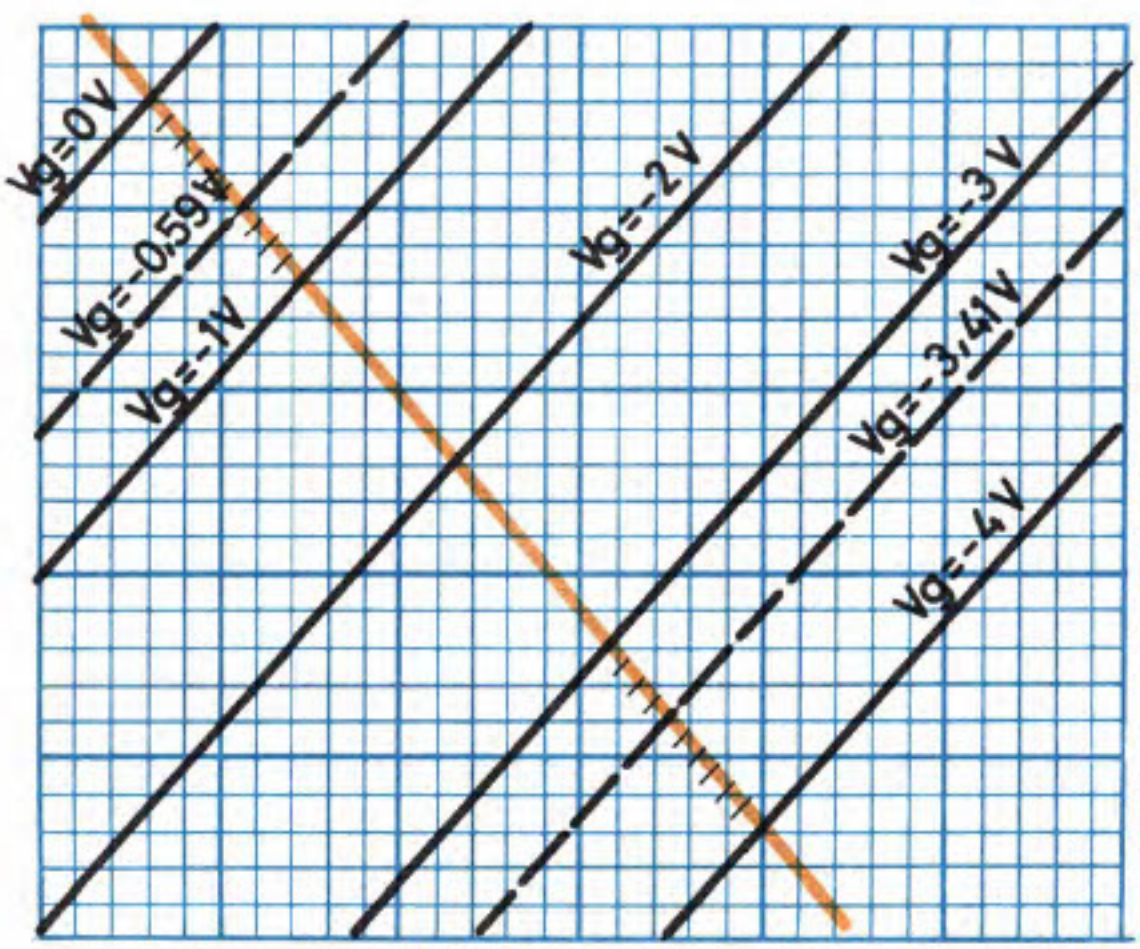
$$\text{Tensión eficaz para 50 V de pico a pico} = \frac{50}{2\sqrt{2}} V_{eff}$$

$$\text{Intensidad eficaz para 0'0028 mA}_{pp} = \frac{0'0028}{2\sqrt{2}} A_{eff}$$

Por lo tanto la potencia, que se obtiene siempre a partir de tensiones e intensidades eficaces, será:

$$W = V \times I = \frac{50}{2\sqrt{2}} \times \frac{0'0028}{2\sqrt{2}} = \frac{50 \times 0'0028}{8}$$

$$= 0'0175 \text{ vatios}$$



En el gráfico queda indicada la forma de situar las características intermedias.

Hemos obtenido el mismo resultado que antes calculamos numéricamente.

Advertimos para su buen gobierno que no es frecuente que los resultados sean idénticos, ya que con el método gráfico es muy fácil cometer pequeños errores de apreciación.

CONCLUSION

El lector, después de haber estudiado esta lección, puede llegar a la conclusión de que existen dos procedimientos fundamentales para estudiar el funcionamiento de un triodo cuando actúa como amplificador:

a) Un procedimiento gráfico, que exige el conocimiento de las características de placa del triodo y que permite llegar al conocimiento de los valores de las componentes continuas y alternas en los circuitos de placa y rejilla del triodo. Es un procedimiento laborioso, pero tiene la ventaja de permitir una visión clara e inmediata de las condiciones en que trabaja la válvula.

b) Un procedimiento en que sólo intervienen fórmulas (procedimiento analítico, como suele decirse) y que permite calcular únicamente los valores de la componente alterna de la tensión e intensidad de placa, así como el valor de la potencia por producto de estas dos magnitudes. Para aplicar este sistema analítico, basta conocer el coeficiente de amplificación y la resistencia de placa del triodo.

Es el sistema llamado del circuito equivalente del triodo.

Cuando en las lecciones dedicadas al estudio de la construcción de amplificadores de sonido hagamos uso de estos conocimientos, veremos que en unos casos interesará utilizar el procedimiento gráfico, y en otros el sistema analítico. Según qué casos, nos valdremos de un sistema u otro.

Adelantemos que el método del circuito equivalente es útil, sobre todo, cuando se trata de estudiar la amplificación de señales muy débiles (del orden de 0'01 voltios, por ejemplo), pues ya se comprende que para valores tan pequeños es físicamente imposible utilizar el método gráfico.

PUNTUALIZANDO CONCEPTOS

No queremos cerrar esta lección sin antes decir algunas palabras sobre el concepto exacto que deben sugerirnos la expresiones *amplificación de tensión, amplificación de intensidad y amplificación de potencia* referidas a un triodo.

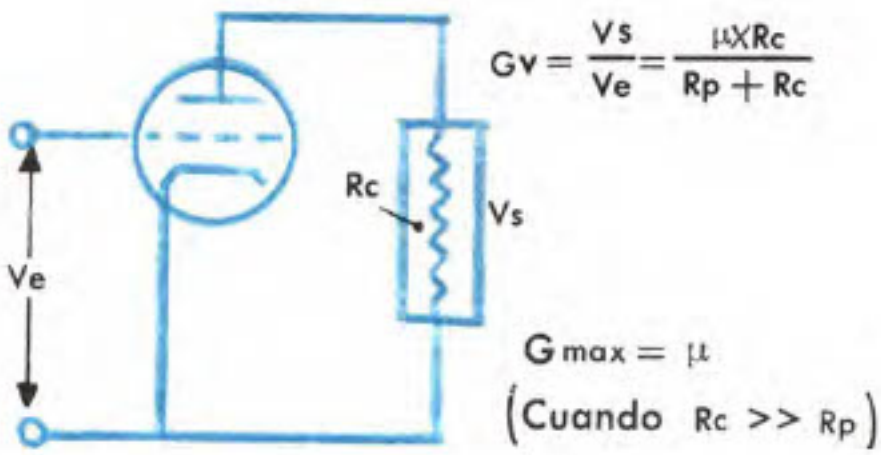
De acuerdo con el significado de la palabra amplificador, podremos decir que un triodo es un amplificador de tensión si al aplicar una tensión V_e a la entrada obtenemos a la salida una tensión V_s *G* veces mayor, siendo G la ganancia de tensión del triodo. Recuerde que será $V_s = V_e \times G$.

Según hemos visto, cuando la resistencia de carga de un triodo tiene un valor R_c, la tensión a la salida, por cada voltio aplicado a la entrada, es:

$$V_s = \frac{\mu \times R_c}{R_p + R_c}$$

Y en el caso límite, cuando $R_c >> R_p$ (R_c mucho mayor que R_p), la tensión de salida es máxima o igual al factor de amplificación:

$$V_{max} = \mu$$



Sensibilidad de tensión de un triodo.

El factor de amplificación es la máxima ganancia del triodo.

En resumen: una *tensión de entrada* aparece *mayor* a la salida. No hay duda de que, por lo que respecta a la tensión, el triodo responde al concepto que teníamos de un amplificador.

Pero si queremos hablar del triodo como amplificador de intensidad, nos encontramos ante un hecho paradójico: llamamos amplificador a un dispositivo que no puede amplificar una intensidad por la sencilla razón de que a su entrada no existe tal magnitud. A la entrada de un triodo, en efecto, es $I_e = 0$.

Para que un triodo funcione sólo se requiere una tensión de rejilla.

Por ello nunca se habla de la ganancia de intensidad de un triodo. Se habla, más bien, de su SENSIBILIDAD DE INTENSIDAD (S_i), que es, simplemente, la intensidad obtenida en el circuito de placa por cada voltio aplicado a la rejilla.

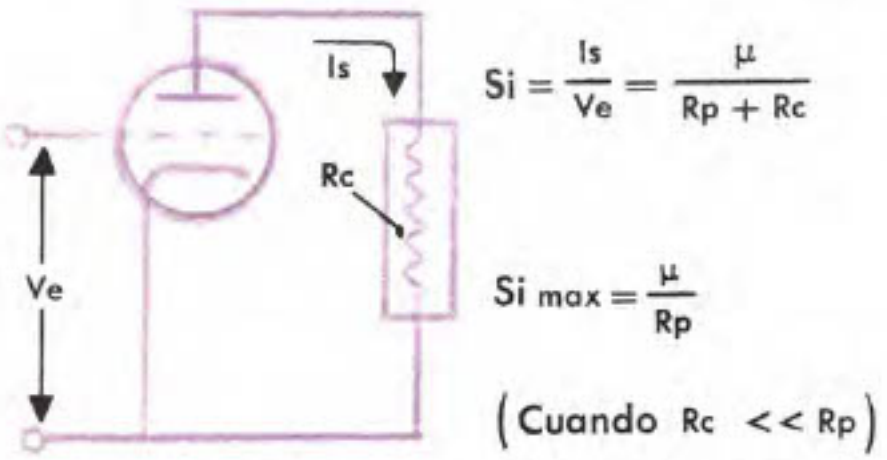
Sabemos que esta intensidad es:

$$I_s = \frac{\mu}{R_p + R_c}$$

y que en el caso de que la resistencia de carga sea mucho más pequeña que la resistencia de placa ($R_c << R_p$) obtenemos la máxima sensibilidad de intensidad:

$$I_{s\,max} = S_i = \frac{\mu}{R_p}$$

Tenga en cuenta que esto no contradice lo dicho en la lección 15. Cuando allí hablábamos de



Sensibilidad de intensidad de un triodo.

la ganancia de intensidad, lo hacíamos supuesta una resistencia conectada entre rejilla y cátodo por la que circulaba la intensidad de entrada.

Algo similar puede decirse de la potencia.

Para obtener una determinada potencia a la salida del amplificador, no es necesario que se aplique potencia alguna a su entrada. Basta aplicar una tensión V_e a la rejilla. Por cada voltio aplicado a la entrada y para una resistencia de carga R_c, tendremos una potencia de salida W_s cuyo valor viene dado por la fórmula

$$W_s = V_s \times I_s = \frac{\mu \times R_c}{R_p + R_c} \times \frac{\mu}{R_p + R_c} =$$

$$= R_c \left(\frac{\mu}{R_p + R_c} \right)^2$$

cuyo valor máximo se alcanza cuando $R_p = R_c$; entonces es:

$$W_{s\,max} = \frac{\mu}{4\ R_p} \text{ vatios}$$

En cualquier caso, la potencia a la entrada debe ser nula, puesto que lo es la intensidad $I_e = 0$.

Sea cual fuese la tensión de entrada, siempre se cumplirá que $V_e \times I_e = V_e \times 0 = 0$.

Resulta que tampoco podemos hablar la ganancia de potencia de un triodo, sino más bien de su SENSIBILIDAD DE POTENCIA, que es la obtenida a la salida por cada voltio eficaz aplicado a la entrada.

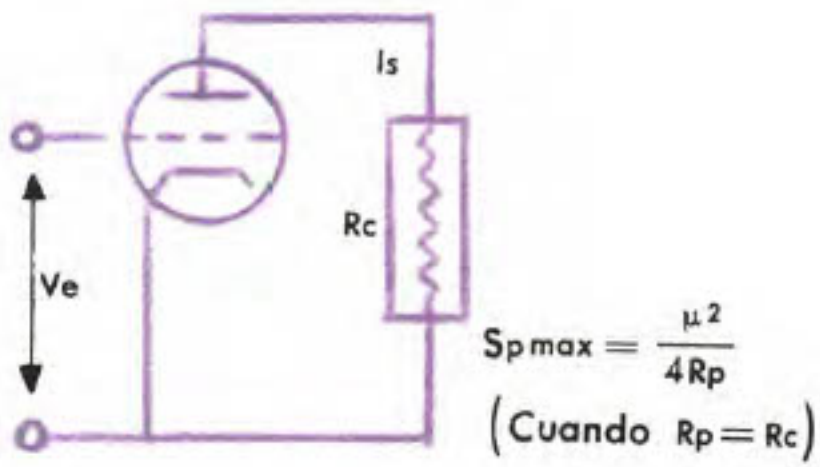
Cuando decimos que un triodo actúa como amplificador de tensión, damos a entender que se ha montado con una resistencia de carga de gran valor para conseguir una *ganancia de tensión* de valor considerable.

Si decimos que actúa como amplificador de intensidad, significaremos que nuestro triodo tiene una resistencia de carga de pequeño valor, gracias a lo cual obtenemos una gran sensibilidad de intensidad.

Por último, diremos que un triodo se ha montado como amplificador de potencia si hacemos que $R_c = R_p$ para que la potencia obtenida (no amplificada) sea máxima.

Una vez determinado el valor conveniente para la resistencia de carga en cada caso, tanto si se pretende amplificar una tensión, obtener una cierta intensidad de salida o poder disponer de una potencia de salida, deberemos controlar la tensión de rejilla (entrada). Cuanto mayor sea la tensión a la entrada, mayor será la tensión, intensidad y potencia de salida.

Este detalle tiene mucha importancia cuando se trata de amplificar una señal mediante varias etapas de amplificación a fin de obtener una potencia elevada; como esa potencia depende de la tensión aplicada a la entrada, es evidente que nos interesa que a la entrada de la última etapa llegue la máxima tensión posible, cosa que conseguiremos haciendo que sólo el último paso de amplificación esté montado como un amplificador de potencia. Todos los demás estarán montados como amplificadores de tensión.



Sensibilidad de potencia de un triodo.

R-15

APENDICE

REALIZACIONES PRACTICAS

Lección práctica 3

Manejo del téster - Instrucciones para la medicion de tensiones continuas y alternas - Medición de intensidades continuas - Medición de resistencias

Sabemos lo que es un téster y conocemos mucho de su estructura interna. En realidad, de un determinado téster conocemos todo.

La verdad es que — con más o menos complicaciones, con mayor o menor sensibilidad — un téster siempre será muy parecido al que hemos montado a lo largo de las lecciones pasadas.

Así, pues, si sabe servirse del modo conveniente de nuestro polímetro, saldrá airoso de cualquier prueba de medición que puedan exigirle con otro modelo.

Por otra parte, todos los fabricantes adjuntan un folleto explicativo al aparato que expenden al mercado para que el usuario tenga una exacta información sobre la manera de servirse de él ante cada uno de los casos de medición que con él se pueden solucionar.

Es lógico, pues, que procedamos en el mismo sentido. Vamos a dar las instrucciones necesarias para el manejo del téster que acabamos de montar. Pero como aquí no tratamos de vender un artículo, sino de hacer un estudio práctico, tampoco nos limitaremos a decir cómo deben hacerse las mediciones, sino que, además, trataremos de profundizar un poco en el porqué de la cuestión.

Según lo que hemos estudiado, un polímetro es en esencia un galvanómetro al que se le han añadido una serie de elementos (resistencias, diodos, pilas) a fin de capácitarle para medir diversas magnitudes y diversas cantidades de estas mismas magnitudes.

Según sea la magnitud y cuantía de la misma que debamos medir, los elementos internos del téster adoptarán una u otra disposición, cosa que se consigue por la acción de una llave conmutadora cuya flecha indica, en cada posición, la función que para ella es capaz de realizar el téster.

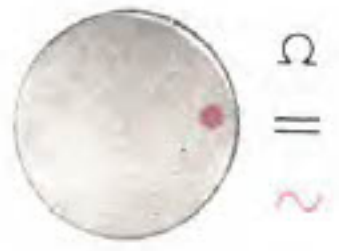
POSICIONES DEL CONMUTADOR

En la tapa de nuestro téster, a mano izquierda, se ha situado un conmutador de tres posiciones. Para la primera posición hemos dibujado el símbolo de ohmios (Ω), indicando que en esa forma el téster queda capacitado para medir resistencias.

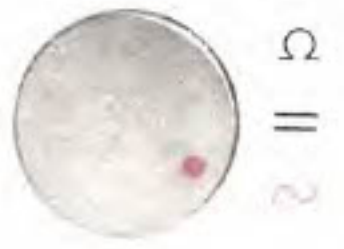
La posición central está indicada con el símbolo (=) de corriente continua. Cuando el conmutador está en esta posición, lo capacitamos para medir tensiones e intensidades continuas.

Finalmente, la tercera posición corresponde al circuito que permite medir tensiones alternas. Por lo está señalada con el símbolo (~) de corriente alterna.

Conmutador en primera posición. El téster actúa como óhmetro.



Conmutador en segunda posición. El téster mide tensiones o intensidades continuas.



Conmutador en posición tercera. El téster mide tensiones alternas.

lección práctica 3

Manejo del téster - Instrucciones para la medicion de tensiones continuas y alternas - Medición de intensidades continuas - Medición de resistencias

Sabemos lo que es un téster y conocemos mucho de su estructura interna. En realidad, de un determinado téster conocemos todo.

La verdad es que — con más o menos complicaciones, con mayor o menor sensibilidad — un téster siempre será muy parecido al que hemos montado a lo largo de las lecciones pasadas.

Así, pues, si sabe servirse del modo conveniente de nuestro polímetro, saldrá airoso de cualquier prueba de medición que puedan exigirle con otro modelo.

Por otra parte, todos los fabricantes adjuntan un folleto explicativo al aparato que expenden al mercado para que el usuario tenga una exacta información sobre la manera de servirse de él ante cada uno de los casos de medición que con él se pueden solucionar.

Es lógico, pues, que procedamos en el mismo sentido. Vamos a dar las instrucciones necesarias para el manejo del téster que acabamos de montar. Pero como aquí no tratamos de vender un artículo, sino de hacer un estudio práctico, tampoco nos limitaremos a decir cómo deben hacerse las mediciones, sino que, además, trataremos de profundizar un poco en el porqué de la cuestión.

Según lo que hemos estudiado, un polímetro es en esencia un galvanómetro al que se le han añadido una serie de elementos (resistencias, diodos, pilas) a fin de capácitarle para medir diversas magnitudes y diversas cantidades de estas mismas magnitudes.

Según sea la magnitud y cuantía de la misma que debamos medir, los elementos internos del téster adoptarán una u otra disposición, cosa que se consigue por la acción de una llave conmutadora cuya flecha indica, en cada posición, la función que para ella es capaz de realizar el téster.

POSICIONES DEL CONMUTADOR

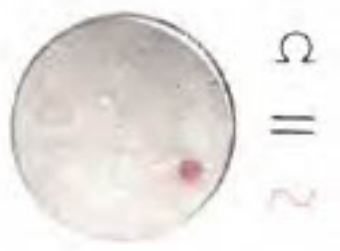
En la tapa de nuestro téster, a mano izquierda, se ha situado un conmutador de tres posiciones. Para la primera posición hemos dibujado el símbolo de ohmios (Ω), indicando que en esa forma el téster queda capacitado para medir resistencias.

La posición central está indicada con el símbolo (=) de corriente continua. Cuando el conmutador está en esta posición, lo capacitamos para medir tensiones e intensidades continuas.

Finalmente, la tercera posición corresponde al circuito que permite medir tensiones alternas. Por ello está señalada con el símbolo (~) de corriente alterna.

Conmutador en primera posición. El téster actúa como óhmetro.

Conmutador en segunda posición. El téster mide tensiones o intensidades continuas.

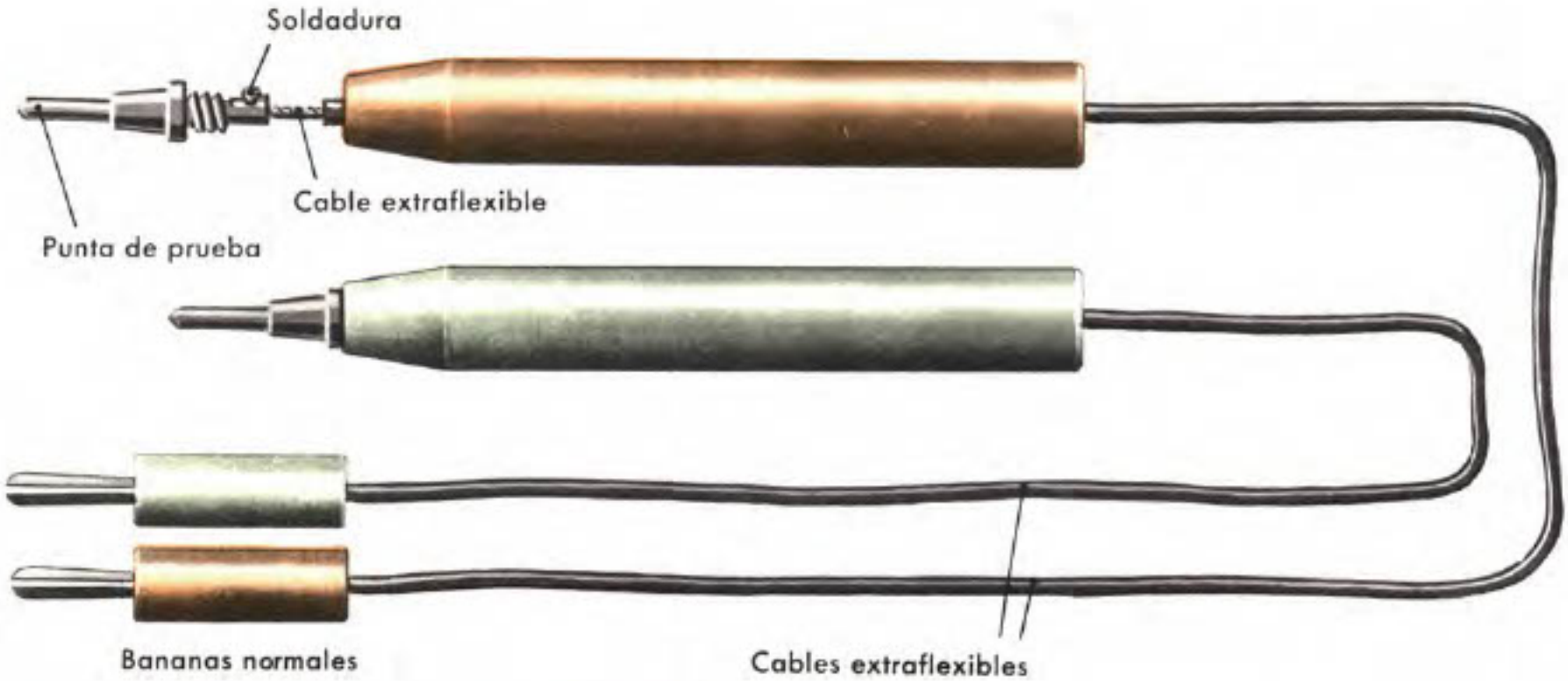


Conmutador en posición tercera. El téster mide tensiones alternas.

LAS PUNTAS DE PRUEBA

Aunque de una forma un tanto inconcreta, hemos hablado de las puntas de prueba. Ahora, empero, ha llegado el momento de concretar este punto, porque son una parte vital de todo instrumento de medida.

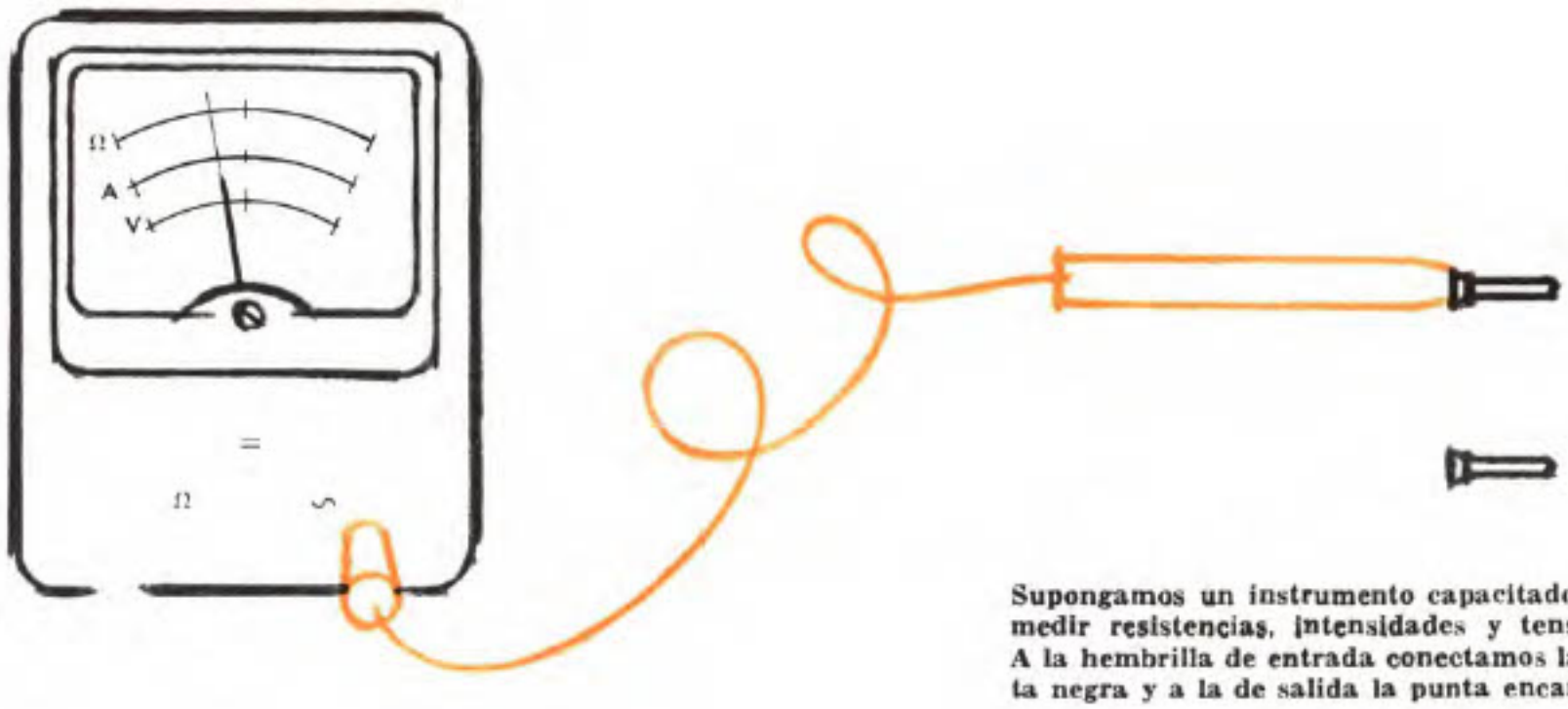
Las puntas de prueba no son otra cosa que un doble juego de bananas, una de las cuales no se destina a un contacto por enchufe, sino a un contacto por roce. Como esta punta debe manejarse con los dedos, es lógico que su mango aislante sea mucho más largo que el de una banana normal.



COMO UTILIZAR LAS PUNTAS DE PRUEBA

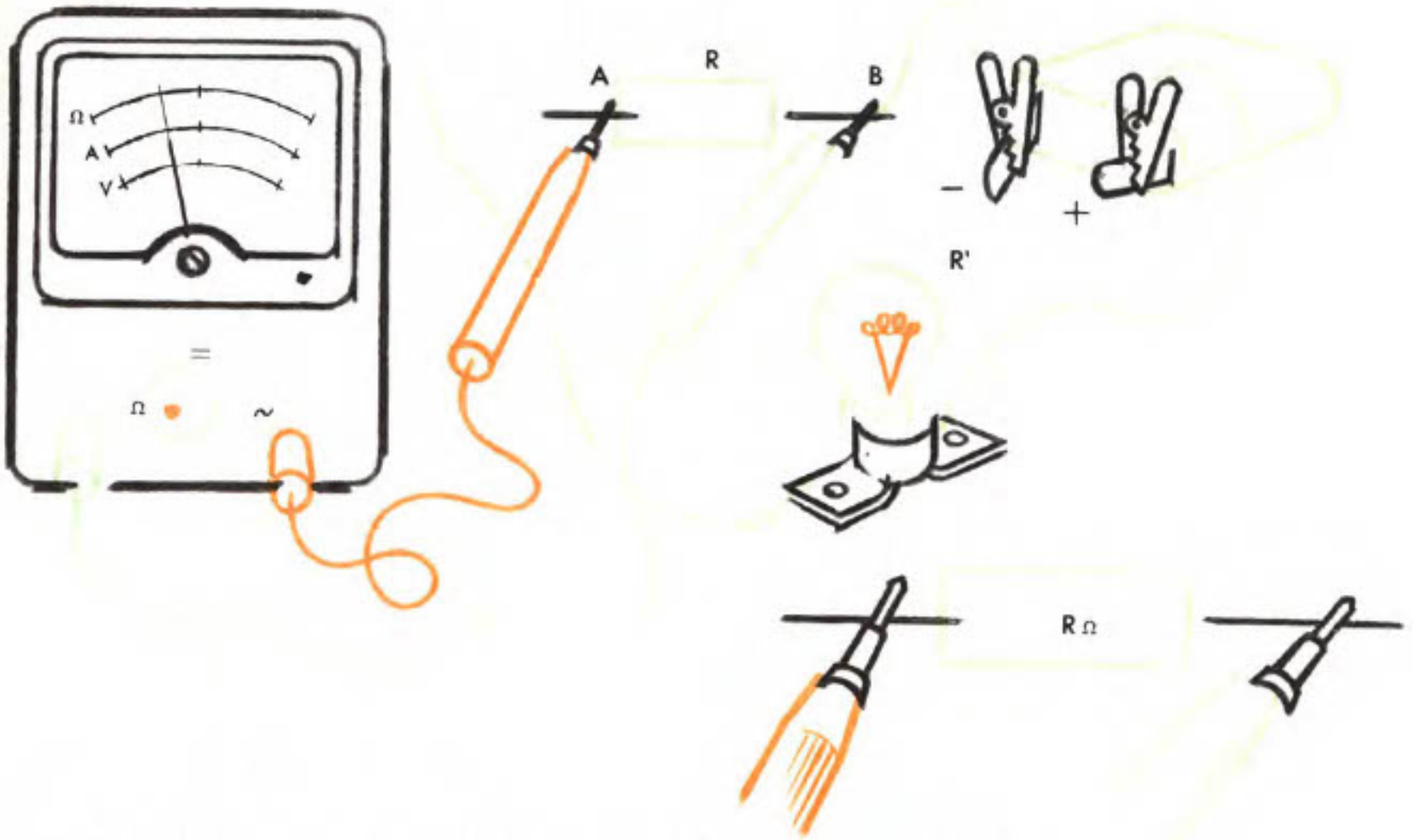
Para demostrar la misión de las puntas de prueba, vamos a poner un ejemplo en el que prescindiremos del circuito de téster para considerar únicamente el instrumento.

Supongamos un instrumento de medida, cuyos bornes se han empalmado a sendas hembrillas; y que con él (lo suponemos con las debidas condiciones de sensibilidad y resistencia interna) queremos medir la resistencia, intensidad y tensión existentes entre dos puntos de un circuito. En este ejemplo prescindiremos también de la consideración del tipo de corriente, puesto que sólo pretendemos demostrar el correcto empleo de las puntas de prueba.



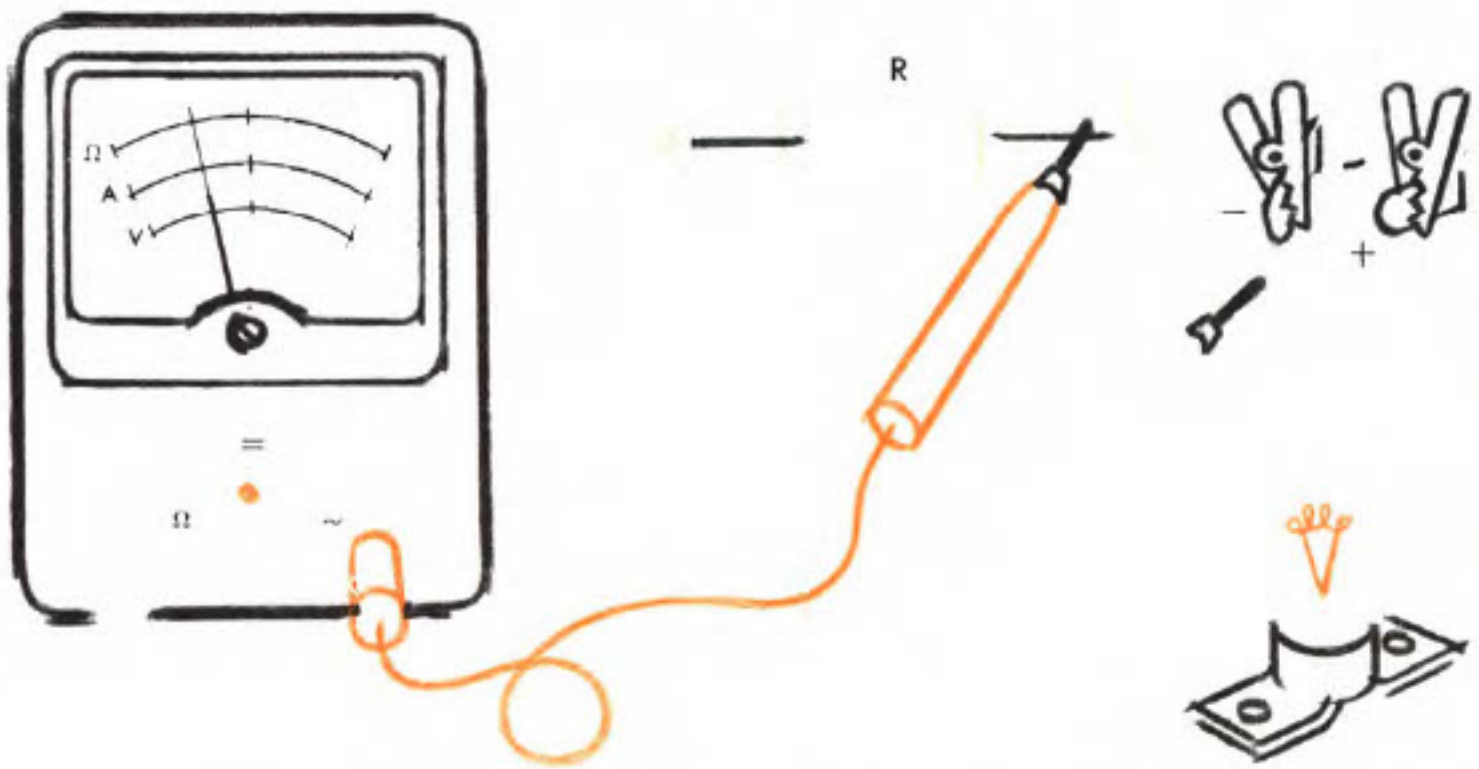
Supongamos un instrumento capacitado para medir resistencias, intensidades y tensiones. A la hembrilla de entrada conectamos la punta negra y a la de salida la punta encarnada.

Para medir una resistencia



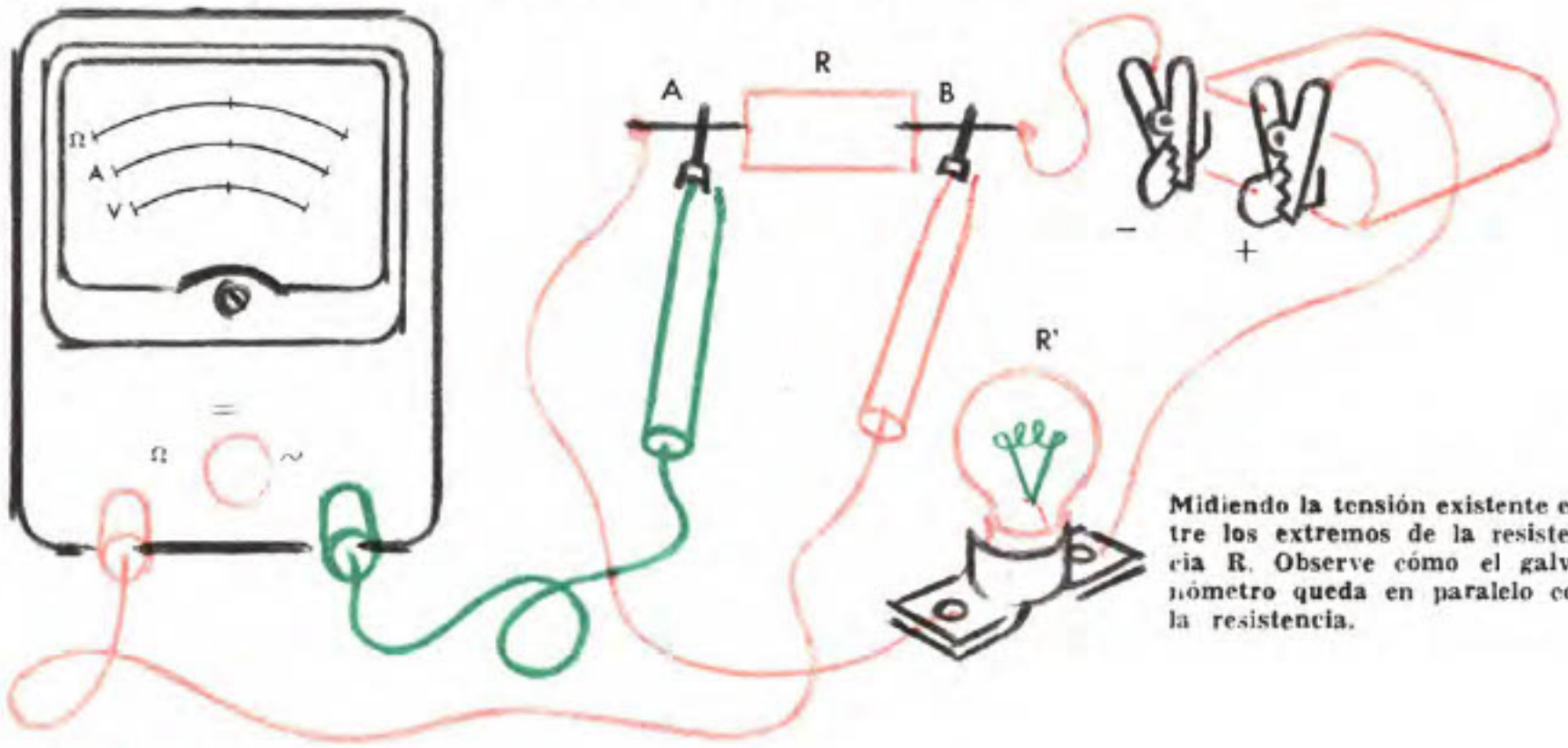
Para medir el valor de una resistencia debe desconectarse por lo menos uno de sus bornes. En el caso que ilustramos, para medir la resistencia R desconectaremos el borne A. Lo más recomendable es retirar la resistencia del circuito y aplicar a sus extremos las puntas de prueba.

Para medir la intensidad que circula por un circuito



Para medir la intensidad que circula por R debemos cortar el circuito. La corriente continua debe penetrar en el téster por la punta roja.

Lectura sobre la escala de voltios



Midiendo la tensión existente entre los extremos de la resistencia R. Observe cómo el galvanómetro queda en paralelo con la resistencia.

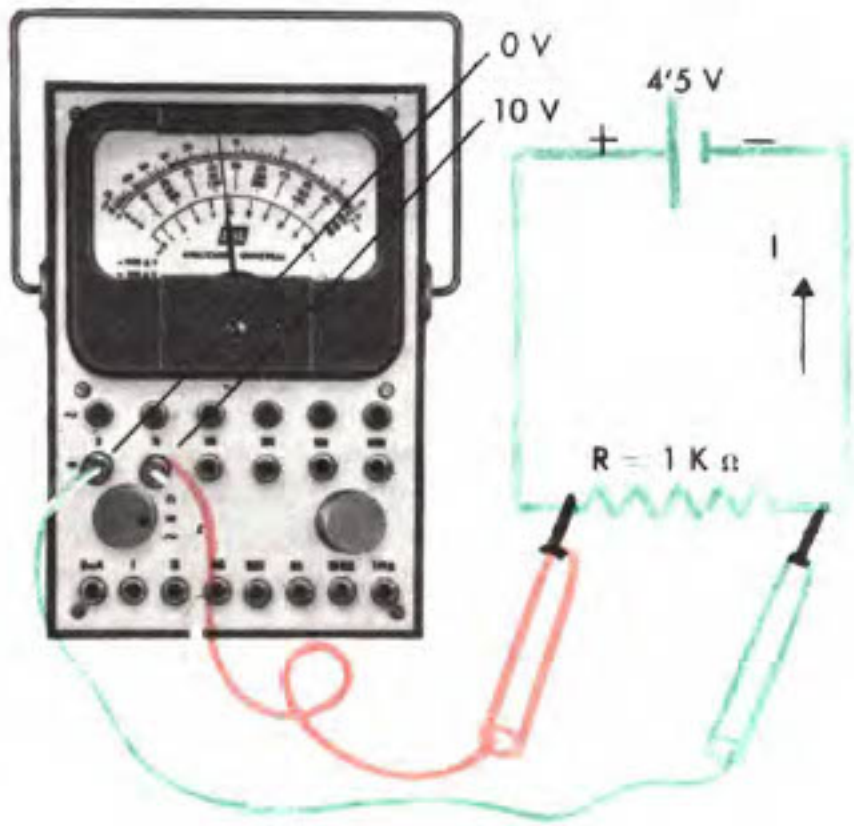
MEDIDA DE TENSIONES CONTINUAS

Lo que hemos hecho en este ejemplo, en el que se consideraba un galvanómetro con una sola escala de resistencias, una de intensidades y una de tensiones, es lo que debemos hacer con nuestro téster, con la única diferencia de que ahora debemos escoger la escala más conveniente a la cantidad de la magnitud a medir.

Centrémonos en el caso concreto de la medición de tensiones continuas.

Nuestro aparato está provisto de una serie de resistencias que, puestas en serie con el galvanómetro, permiten que la aguja se desvíe a fondo de escala con tensiones de 10 V, 100 V, 200 V, 500 V y 1.000 V. Que esta desviación se produzca con una u otra de estas tensiones depende, claro está, del valor de las resistencias que en el momento de la medición estén en serie con el instrumento.

En algunos aparatos tipo téster se consigue esta conexión por medio de un conmutador; pero, por razones de seguridad y facilidad de montaje, nosotros hemos estructurado otro tipo de téster. En él las distintas escalas se establecen situando la banana negra en la hembrilla que corresponde a los 0 voltios y la banana encarnada en la hembrilla que señala la tensión que deseamos desvíe la aguja a fondo de escala. Así, por ejemplo, para medir una tensión que sabemos que se halla comprendida entre los 0 y 8 voltios, situaremos la banana negra en la hembrilla 0 de las escalas de tensiones continuas y la roja en la hembrilla de los 10 voltios.



Midiendo una tensión continua comprendida entre 0 y 10 voltios.

Si la tensión a medir (hablamos de tensiones continuas) fuese de un valor aproximado de 75 V emplearíamos la escala 0-100 V, situando la banana negra, como siempre, en la hembrilla cero voltios y la roja en la hembrilla 100 V.

¿Vale la pena seguir...? Creemos que no, puesto que el mecanismo es siempre el mismo.

Se supone, claro, que para estas mediciones se ha situado la llave en su posición media, de ma-

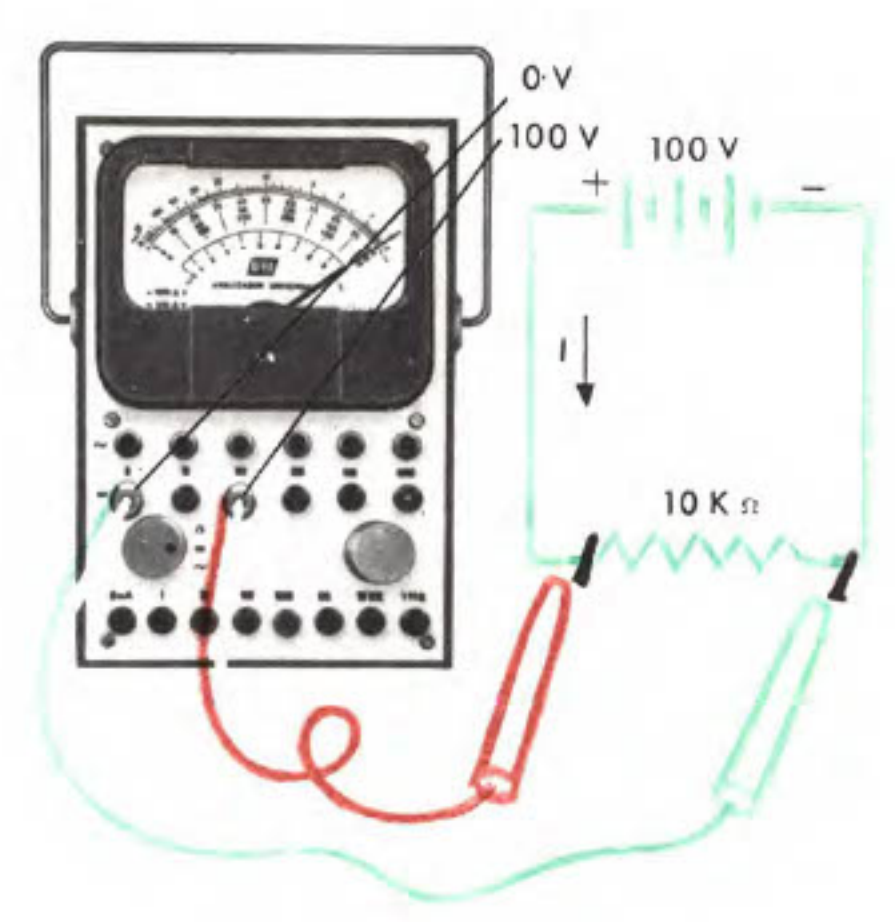
nera que la flecha señale la indicación (=) de corriente continua.

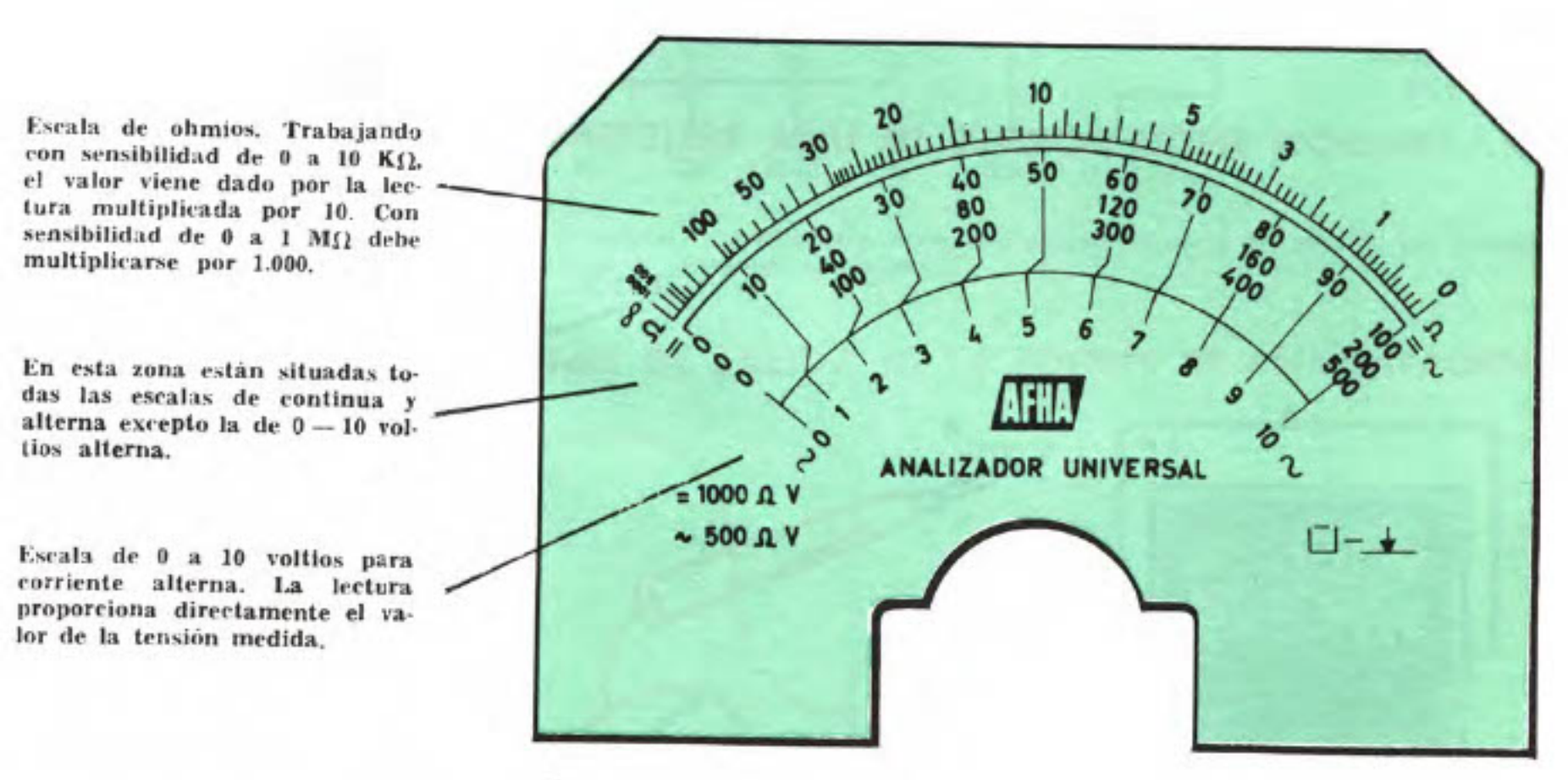
Nos falta saber sobre qué escala debemos efectuar la lectura, cosa que deducimos con facilidad analizando la carátula que lleva nuestro téster. Véala usted y anote cuándo deberá leer sobre una u otra escala, así como las operaciones que deben hacerse para obtener los valores reales de aquellas tensiones para las cuales no hay anotación directa en las escalas de la carátula.

Advertencia

Lo que vamos a decir sirve lo mismo para las tensiones que para las intensidades, tanto en corriente continua como en alterna, y es:

QUE EN EL CASO DE DESCONOCER EL VALOR MÁXIMO QUE PUEDEN ALCANZAR LA INTENSIDAD O TENSIÓN QUE SE DESEA MEDIR (CON NUESTRO TÉSTER LA TENSIÓN NO PODRÁ SER SUPERIOR A 1.000 V) ES PRUDENTE EMPEZAR POR PROBAR CON BANANAS SITUADAS EN 0 Y 1.000 VOLTIOS, PARA IR BAJANDO DE ESCALA SI COMPROBAMOS QUE LA AGUJA NO SE DESPLAZA O QUE SE DESPLAZA MUY POCO.

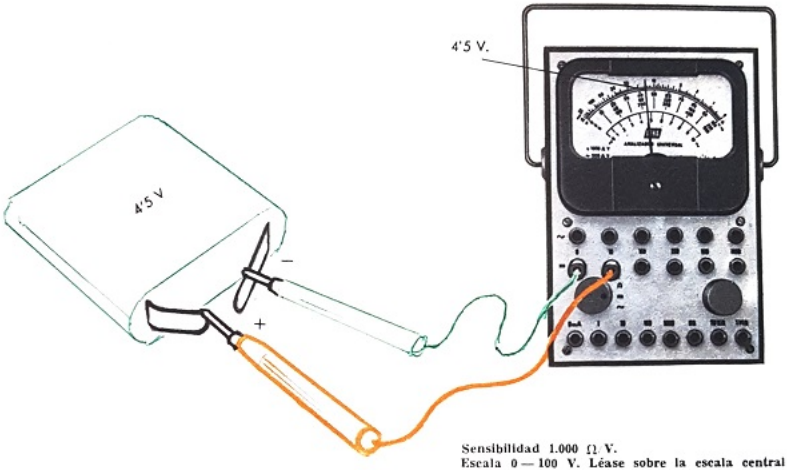




EJEMPLOS PRACTICOS

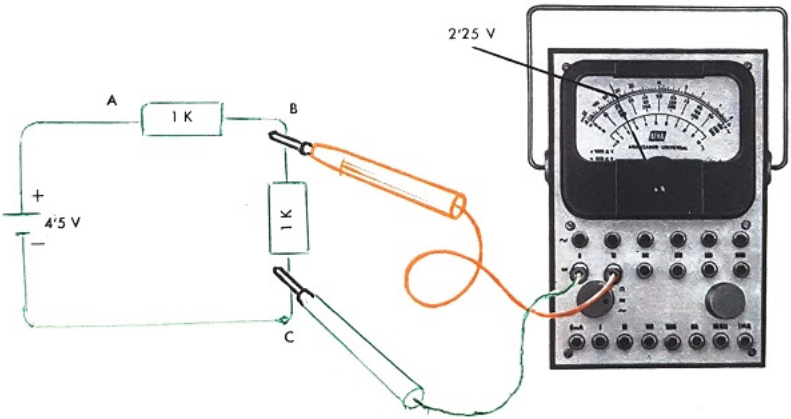
Para acabar de perfilar la mecánica a seguir para la medición de corrientes continuas, vamos a ponerle algunos ejemplos prácticos que, una vez en posesión del téster, pueden ser sus primeros ensayos en este sentido. Unos pocos gráficos debidamente comentados serán más que suficientes para ver claro en la cuestión. Vea estos ejemplos, en los que añadimos el esquema de nuestro polímetro destacando en color la parte de circuito que actúa en cada caso.

1.° COMPROBAR LA TENSION DE UNA PILA



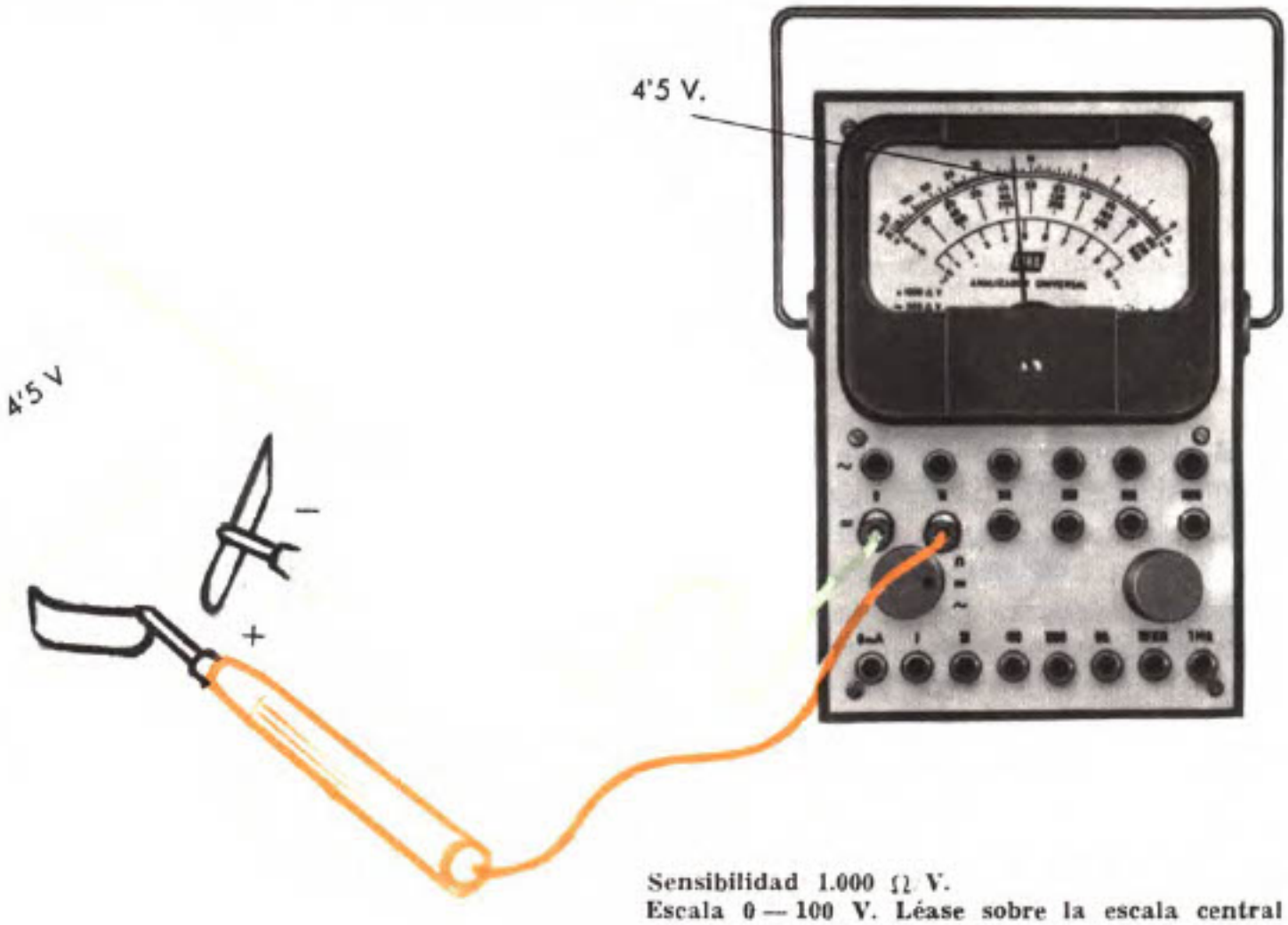
Sensibilidad 1.000 Ω V.
Escala 0 — 100 V. Léase sobre la escala central y dividase por 10 la lectura.

2.° TENSION ENTRE BORNES DE UNA RESISTENCIA



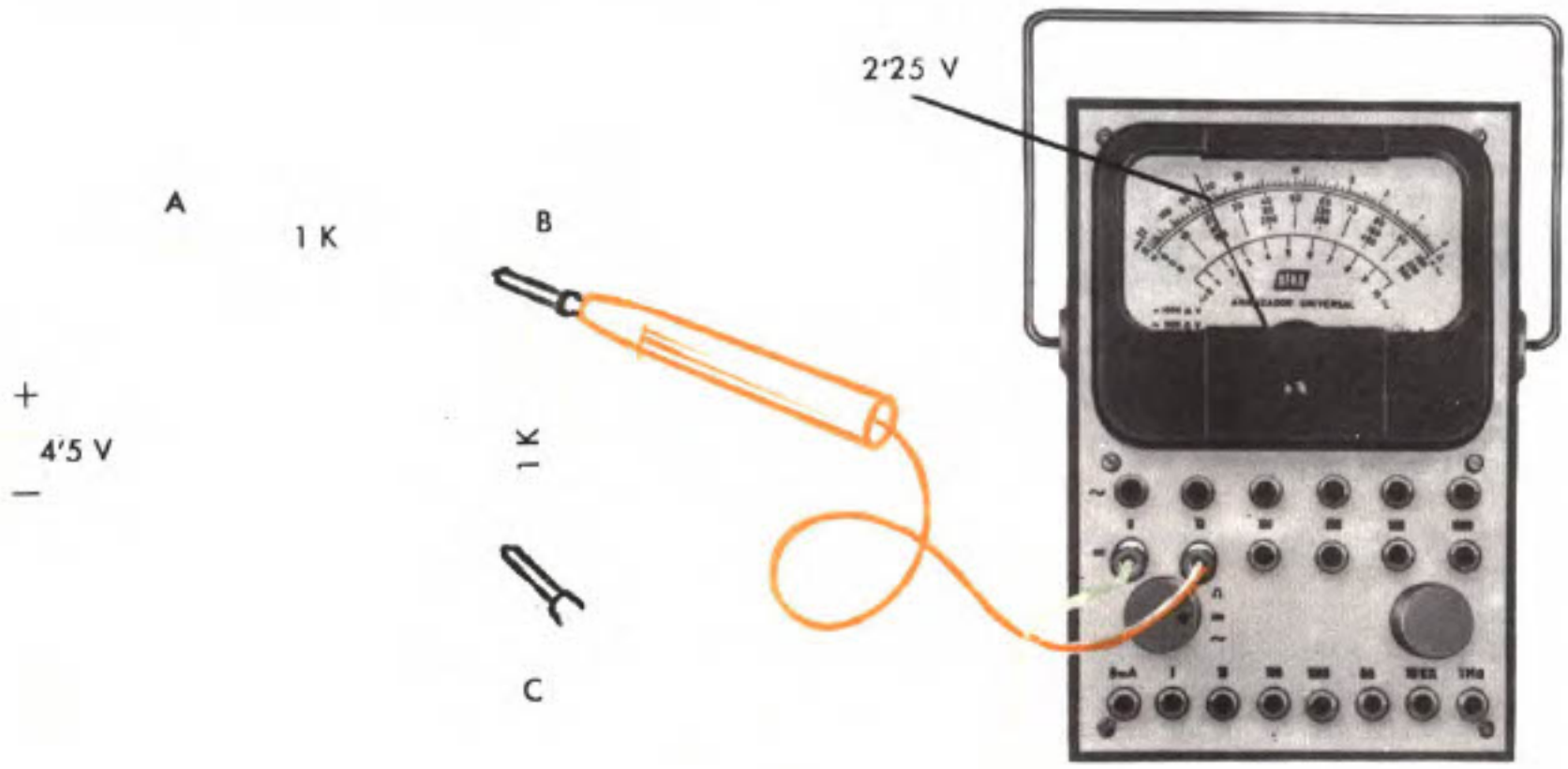
Sensibilidad 1.000 Ω/V.
Escala 0 — 100 V. Léase sobre la escala central y dividase por 10 la lectura.

1.° COMPROBAR LA TENSIÓN DE UNA PILA

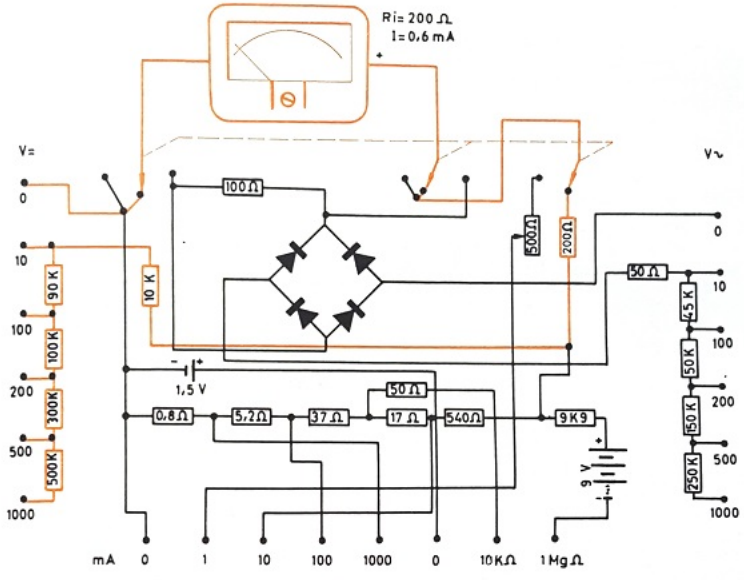


Sensibilidad 1.000 Ω V.
Escala 0 — 100 V. Léase sobre la escala central y divídase por 10 la lectura.

2.° TENSION ENTRE BORNES DE UNA RESISTENCIA

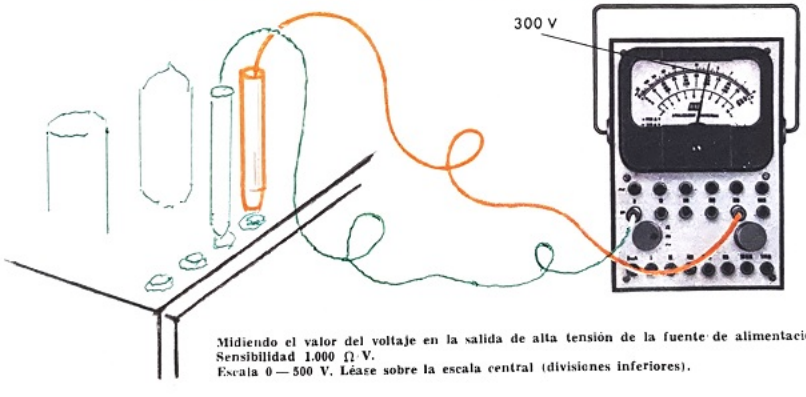


Sensibilidad 1.000 Ω V.
Escala 0 — 100 V. Léase sobre la escala central y divídase por 10 la lectura.

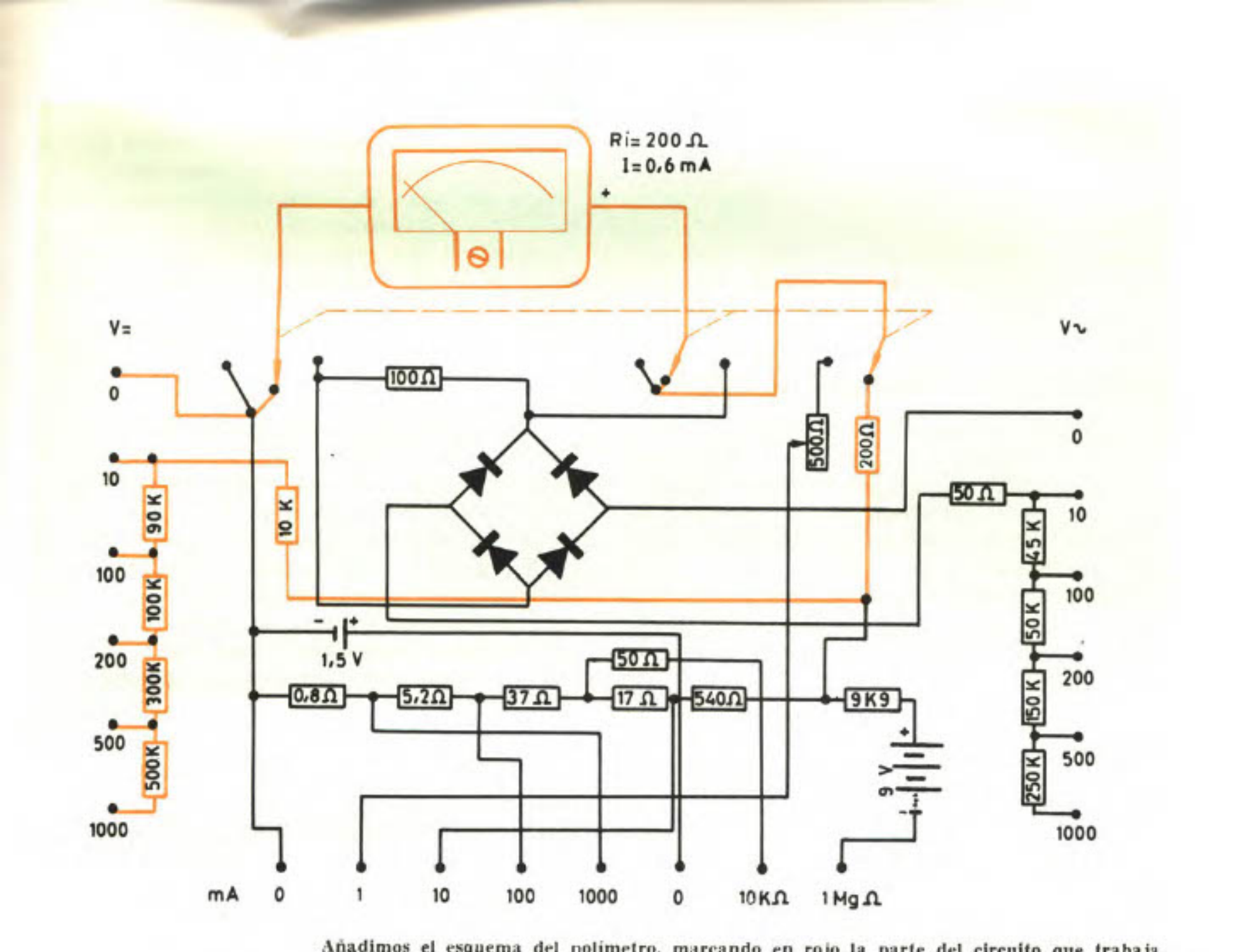


Añadimos el esquema del polimetro, marcando en rojo la parte del circuito que trabaja en la medición de tensiones continuas.

3.° TENSIONES DE SALIDA DE LA FUENTE DE ALIMENTACION

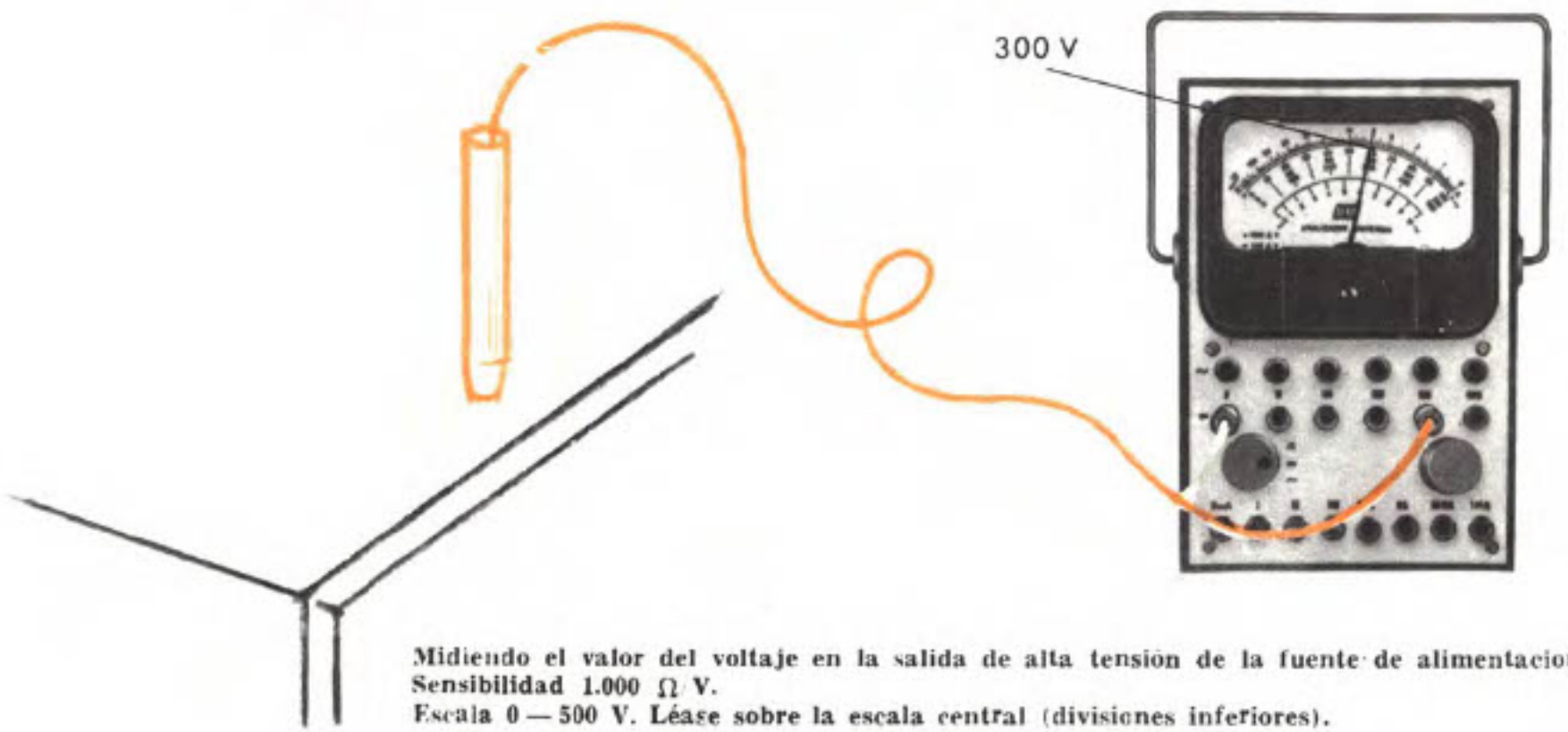


Midiendo el valor del voltaje en la salida de alta tensión de la fuente de alimentacion.
Sensibilidad 1.000 Ω V.
Escala 0 — 500 V. Léase sobre la escala central (divisiones inferiores).



Añadimos el esquema del polímetro, marcando en rojo la parte del circuito que trabaja en la medición de tensiones continuas.

3.° TENSIONES DE SALIDA DE LA FUENTE DE ALIMENTACION



Midiendo el valor del voltaje en la salida de alta tensión de la fuente de alimentacion.
Sensibilidad 1.000 Ω/V.
Escala 0 — 500 V. Léase sobre la escala central (divisiones inferiores).

Otra advertencia

CUANDO SE TRABAJA CON UNA CORRIENTE CONTINUA (TENSIONES O INTENSIDADES), DEBE TENERSE EN CUENTA QUE LA DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE QUE ATRAVIESA EL GALVANÓMETRO DEBE SER LA ADECUADA PARA PROVOCAR LA DESVIACIÓN DE LA AGUJA. POR LO TANTO, TENGA PRESENTE QUE LA PUNTA DE PRUEBA NEGRA (CUYA BANANA ESTARÁ EN LA HEMBRILLA 0 DE TENSIONES O INTENSIDADES CONTINUAS) DEBE APLICARSE AL PUNTO DEL CIRCUITO QUE CORRESPONDA A LA POLARIDAD NEGATIVA. LA PUNTA ROJA, PUES, SE APOYARÁ EN EL PUNTO POSITIVO DE LOS DOS QUE LIMITAN EL TRAMO DE CIRCUITO QUE SE EXPERIMENTA. EN CASO CONTRARIO, RECUÉRDELO, LA AGUJA SE DESPLAZA (SI PUDIESE) EN SENTIDO CONTRARIO AL QUE NOS CONVIENE.

MEDIDA DE INTENSIDADES CONTINUAS

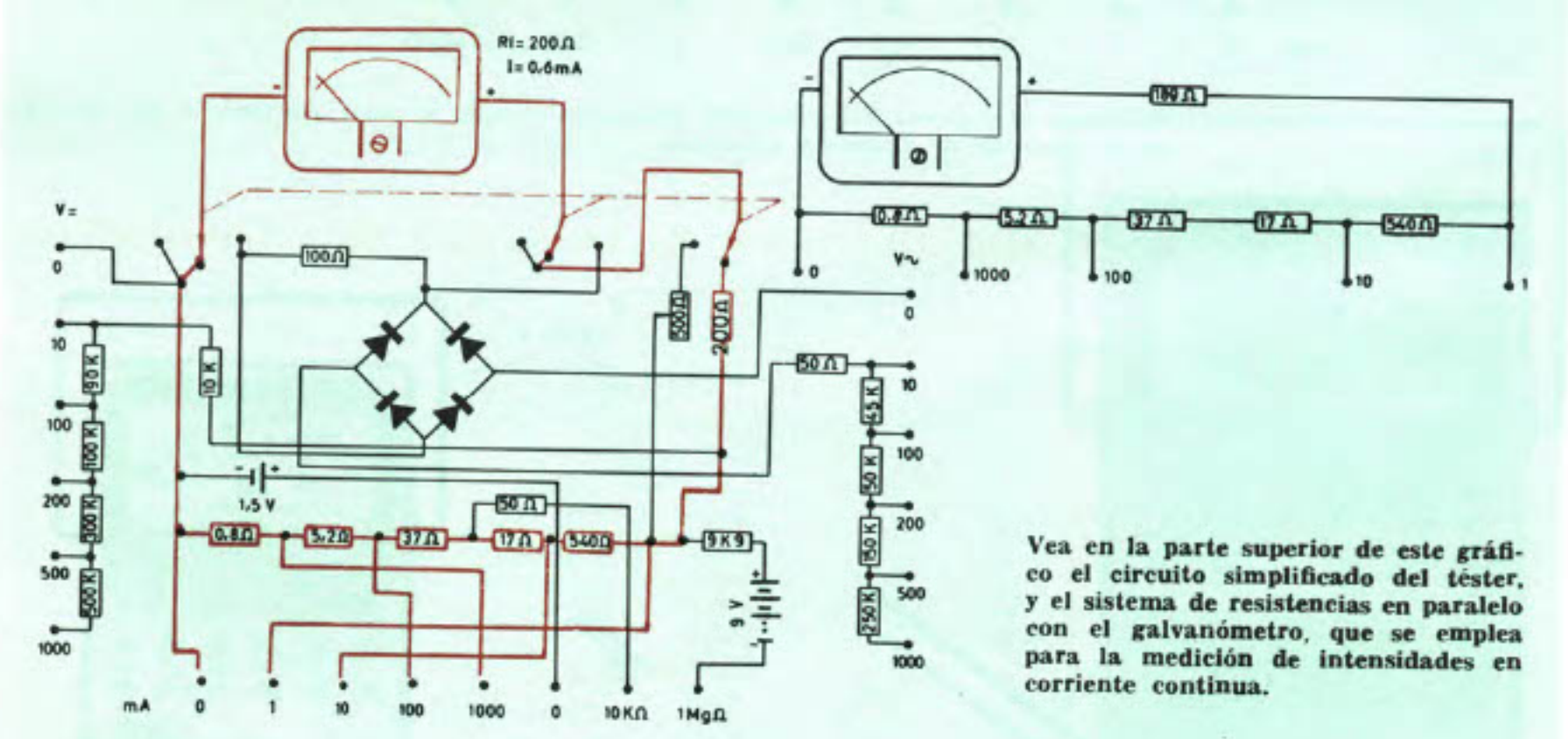
La posición del conmutador será la que indica corriente continua (=); o sea, la posición media.

Nuestro polímetro contiene los juegos de resistencias necesarios para medir de 0 a 1.000 mA, con tres escalas intermedias: de 0 a 1 mA, de 0 a 10 mA y de 0 a 100 mA.

Para medir una intensidad comprendida en cada una de estas escalas, actuaremos de forma similar a como hacíamos en el caso de las tensiones continuas:

La banana negra estará siempre en la hembrilla 0 mA; la encarnada, en la hembrilla 1 mA, 10 mA, 100 mA o 1.000 mA, según la intensidad a medir quede comprendida en 0 y 1 mA, 1 mA y 10 mA, 10 mA y 100 mA o entre 100 mA y 1.000 mA.

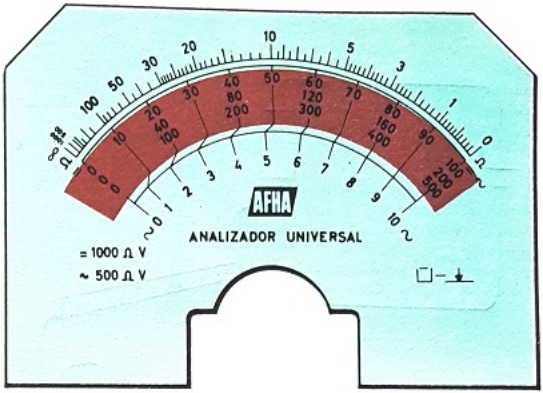
Vea ahora la carátula del galvanómetro, con la indicación del arco graduado sobre el que debemos efectuar las lecturas, así como las operaciones a efectuar para saber el valor real de la intensidad indicada según qué escala se emplee.



Vea en la parte superior de este gráfico el circuito simplificado del téster, y el sistema de resistencias en paralelo con el galvanómetro, que se emplea para la medición de intensidades en corriente continua.

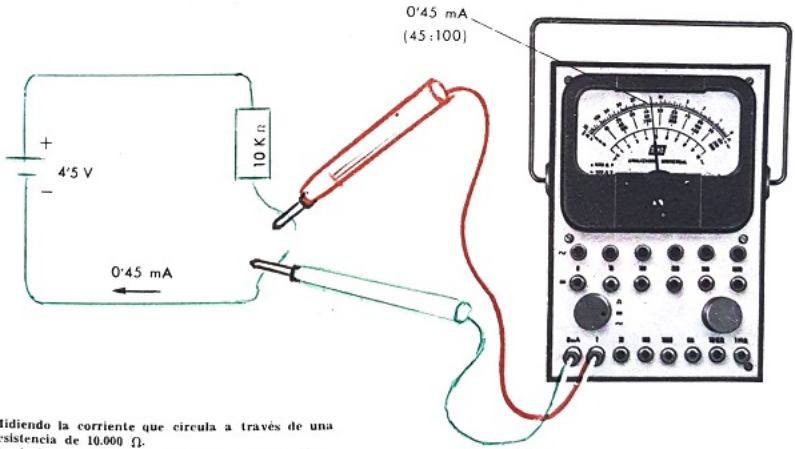
Este gráfico muestra, impresa en rojo, la parte del circuito del téster que utilizamos para medir intensidades continuas.

La zona en rojo indica las escalas utilizadas para la medida de tensiones e intensidades en corriente continua.



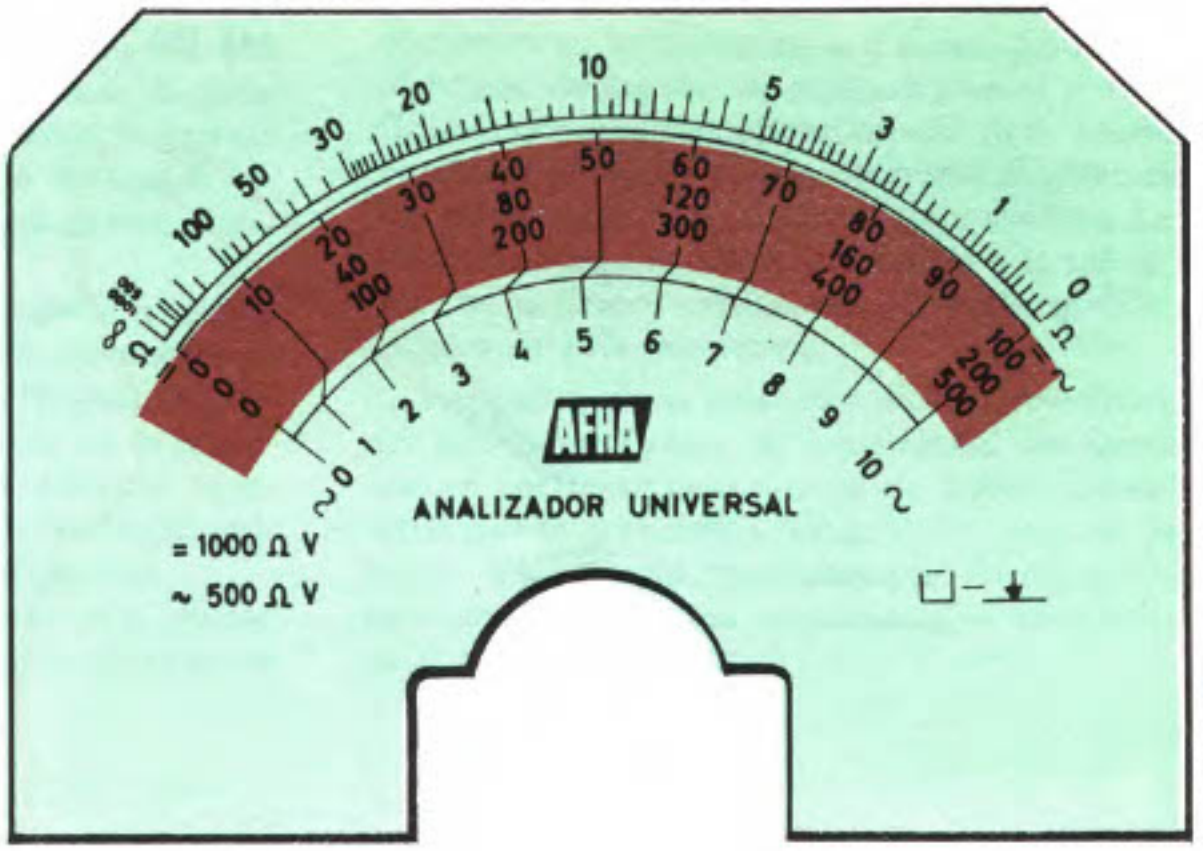
EJEMPLOS PRACTICOS

También aquí vamos a proponerle unas prácticas con las que puede iniciarse en la medida de intensidades continuas. La mecánica es siempre la misma si se recuerda que la posición del conmutador debe ser la media (=); que las hembrillas correspondientes a esta magnitud (intensidad) son las de la fila inferior, y que para medir amperajes debe cortarse el circuito en el punto donde interesa intercalar el galvanómetro, que ha de quedar en serie con el propio circuito.



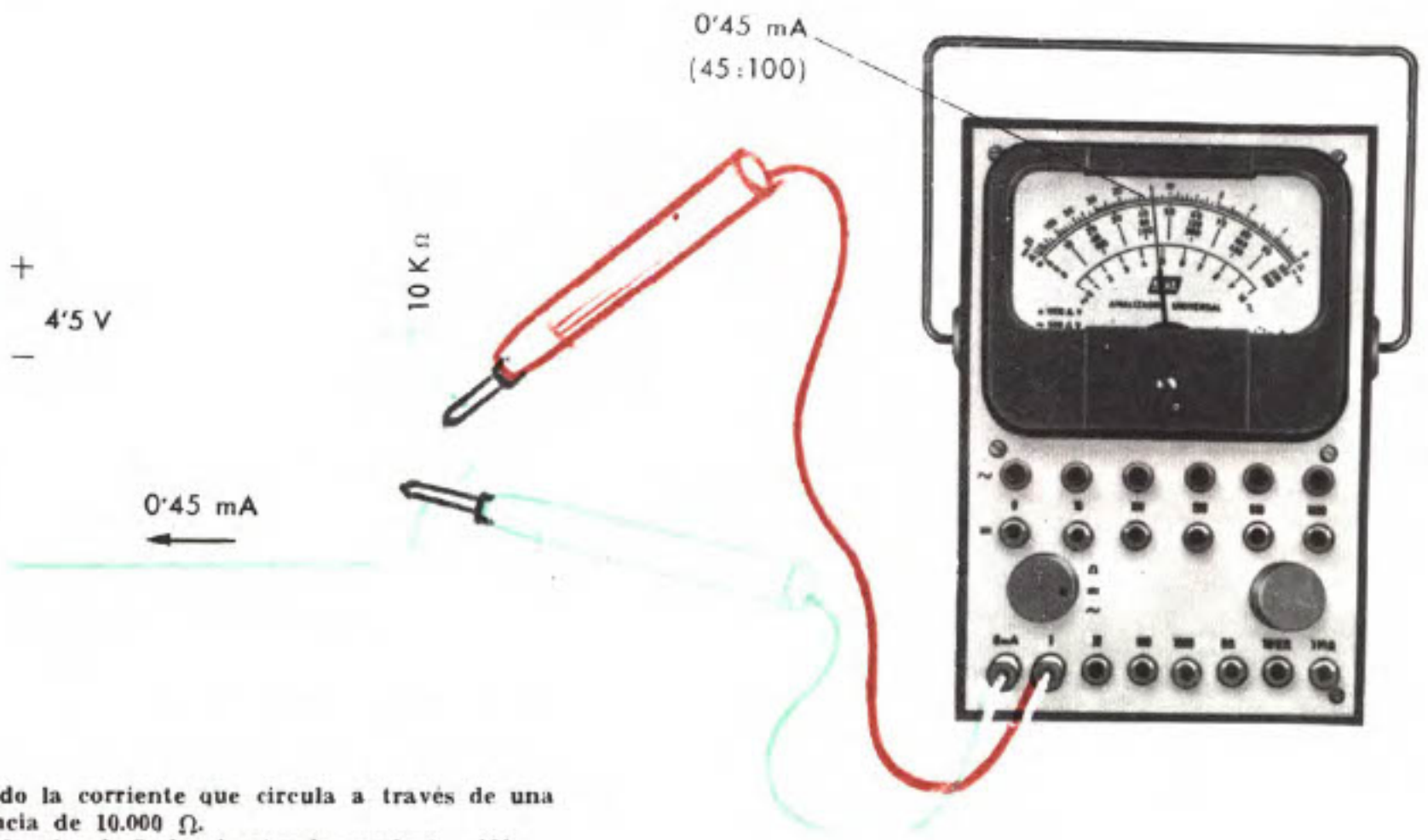
Midiendo la corriente que circula a través de una resistencia de 10.000 Ω.
Escala 0 — 1 mA. Se leerá sobre la escala 0 — 100 ⎓, dividiendo por 100 el valor numérico de la lectura.

La zona en rojo indica las escalas utilizadas para la medida de tensiones e intensidades en corriente continua.

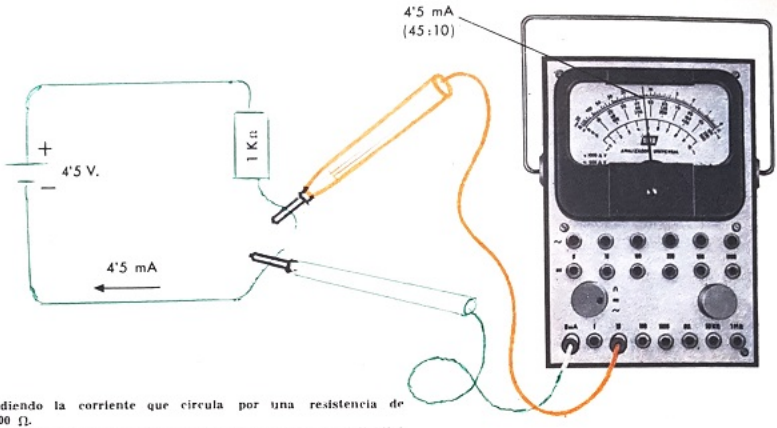


EJEMPLOS PRACTICOS

También aquí vamos a proponerle unas prácticas con las que puede iniciarse en la medida de intensidades continuas. La mecánica es siempre la misma si se recuerda que la posición del conmutador debe ser la media (=); que las hembrillas correspondientes a esta magnitud (intensidad) son las de la fila inferior, y que para medir amperajes debe cortarse el circuito en el punto donde interesa intercalar el galvanómetro, que ha de quedar en serie con el propio circuito.



Midiendo la corriente que circula a través de una resistencia de 10.000 Ω.
Escala 0 — 1 mA. Se leerá sobre la escala 0 — 100 =, dividiendo por 100 el valor numérico de la lectura.



Midiendo la corriente que circula por una resistencia de 1.000 Ω.
Escala 0 — 10 mA. Se leerá sobre la escala 0 — 100 = y se dividirá por 10 el valor numérico de la lectura.

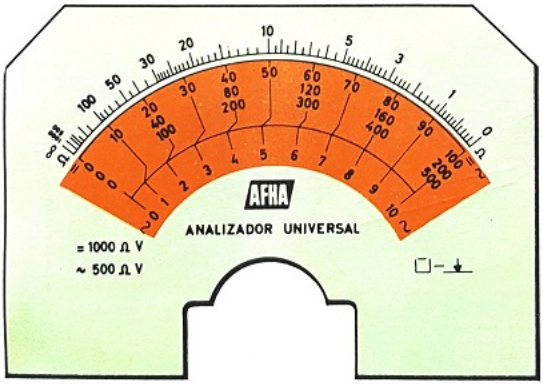
MEDIDA DE TENSIONES ALTERNAS

Sabemos que para acondicionar un galvanómetro para medir magnitudes de una corriente alterna es necesario rectificar dicha corriente.

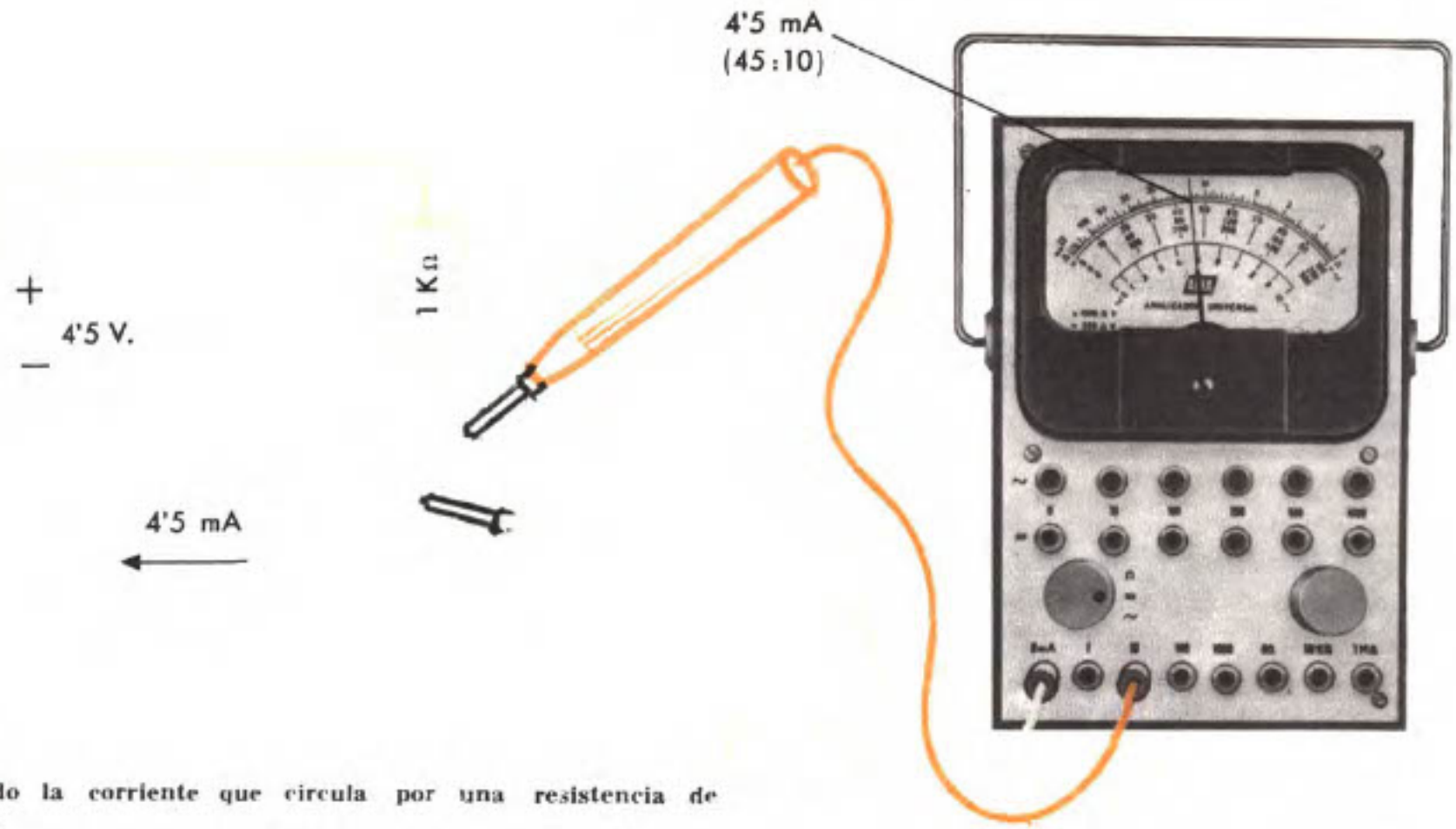
Ahora, puestos a medir tensiones alternas, el conmutador estará en su posición más baja, con la flecha coincidiendo con la señal de corriente alterna. Cuando el conmutador está en esta posición el puente de Graetz se encuentra intercalado en el circuito.

Las hembrillas a utilizar, para poder medir tensiones alternas con las distintas sensibilidades posibles con nuestro aparato, son las de la primera fila.

En este caso no hace falta hacer distinciones



La lectura de las tensiones alternas se efectuará sobre las mismas escalas que nos han servido para medir tensiones continuas. Para tensiones alternas de 0 a 10 voltios existe una escala directa.



Midiendo la corriente que circula por una resistencia de 1.000 Ω.
Escala 0 — 10 mA. Se leerá sobre la escala 0 — 100 = y se dividirá por 10 el valor numérico de la lectura.

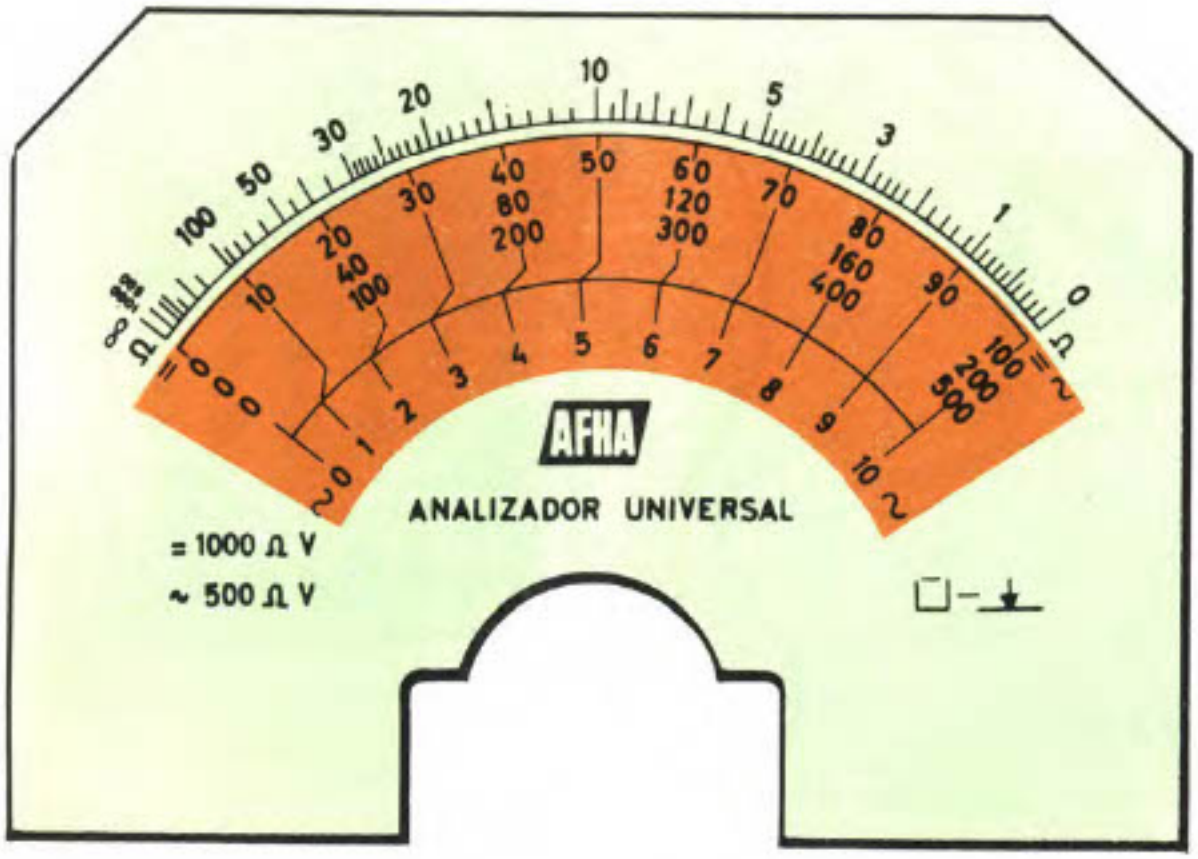
MEDIDA DE TENSIONES ALTERNAS

Sabemos que para acondicionar un galvanómetro para medir magnitudes de una corriente alterna es necesario rectificar dicha corriente.

Ahora, puestos a medir tensiones alternas, el conmutador estará en su posición más baja, con la flecha coincidiendo con la señal de corriente alterna. Cuando el conmutador está en esta posición el puente de Graetz se encuentra intercalado en el circuito.

Las hembrillas a utilizar, para poder medir tensiones alternas con las distintas sensibilidades posibles con nuestro aparato, son las de la primera fila.

En este caso no hace falta hacer distinciones



La lectura de las tensiones alternas se efectuará sobre las mismas escalas que nos han servido para medir tensiones continuas. Para tensiones alternas de 0 a 10 voltios existe una escala directa.

entre la punta negra y la punta roja, puesto que la corriente alterna varía constantemente de polaridad. Recuerde que es el rectificador o puente de Graetz el elemento que se ocupa de que la corriente rectificada atraviese el galvanómetro siempre en la misma dirección.

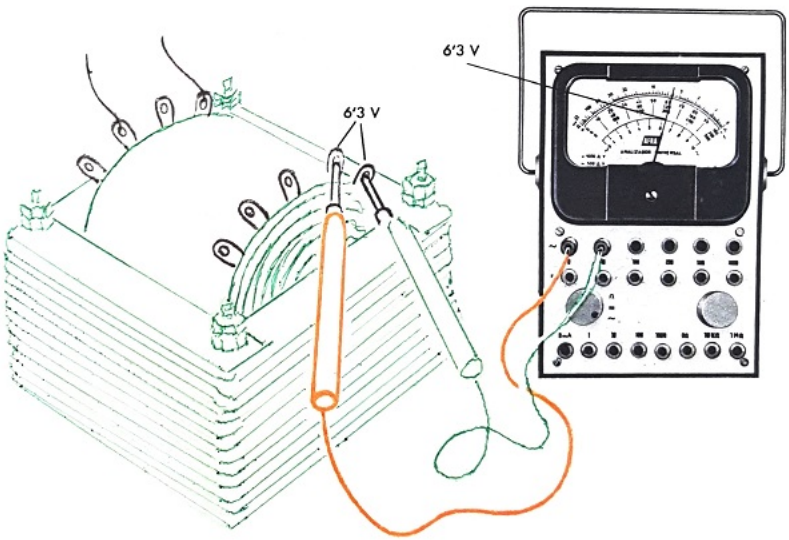
Las lecturas se efectúan sobre la misma escala que nos ha servido para las medidas en continua, excepto al utilizar la sensibilidad 0-10, para la cual se ha puesto un arco especial trazado en rojo que señala directamente las tensiones alternas comprendidas entre 0 y 10 V. Vea la carátula del galvanómetro con las indicaciones pertinentes.

La razón por que debe utilizarse esta escala especial al medir pequeñas tensiones alternas se encuentra en la curvatura que presentan las características de los diodos utilizados en el puente de Graetz, que nos demostrarían que para pequeñas tensiones la corriente qoe atraviesa el galvanómetro no es proporcional a la tensión medida. La resistencia marcada 100 Ω, conectada a la salida del puente, tiene por misión reducir en lo posible los efectos de esta curvatura.

Por causa de la inserción de esta resistencia y del puente de Graetz, la sensibilidad del aparato, que en corriente continua es de 1.000 Ω/V, en alterna queda reducida a 500 Ω/V. La cosa no tiene mayor importancia, puesto que en corriente alterna suelen hacerse las mediciones en circuitos de baja resistencia.

EJEMPLOS PRACTICOS

No dejemos la tónica seguida y vayamos a solucionar algunas medidas de tensiones alternas, para que pueda comprobar la eficacia de su instrumento practicando algunas mediciones de interés. También aquí añadimos el esquema, destacando el circuito que actúa en cada medición.



Midiendo la salida de baja tensión del transformador.
Sensibilidad 500 Ω V. 1 — 10 V ~. La lectura es directa sobre la escala especial para estas tensiones

entre la punta negra y la punta roja, puesto que la corriente alterna varía constantemente de polaridad. Recuerde que es el rectificador o puente de Graetz el elemento que se ocupa de que la corriente rectificada atraviese el galvanómetro siempre en la misma dirección.

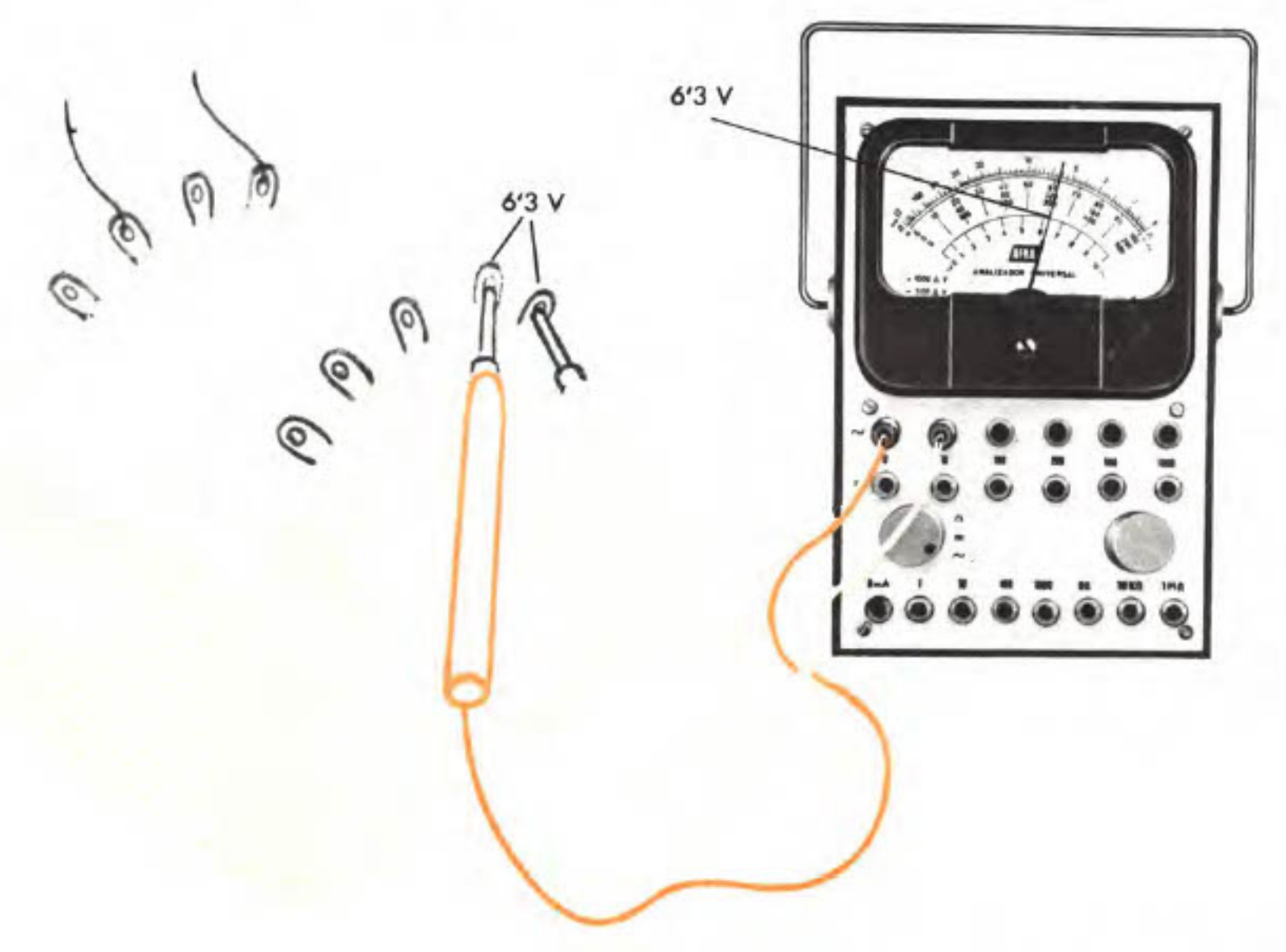
Las lecturas se efectúan sobre la misma escala que nos ha servido para las medidas en continua, excepto al utilizar la sensibilidad 0-10, para la cual se ha puesto un arco especial trazado en rojo que señala directamente las tensiones alternas comprendidas entre 0 y 10 V. Vea la carátula del galvanómetro con las indicaciones pertinentes.

La razón por que debe utilizarse esta escala especial al medir pequeñas tensiones alternas se encuentra en la curvatura que presentan las características de los diodos utilizados en el puente de Graetz, que nos demostrarían que para pequeñas tensiones la corriente qoe atraviesa el galvanómetro no es proporcional a la tensión medida. La resistencia marcada 100 Ω, conectada a la salida del puente, tiene por misión reducir en lo posible los efectos de esta curvatura.

Por causa de la inserción de esta resistencia y del puente de Graetz, la sensibilidad del aparato, que en corriente continua es de 1.000 Ω/V, en alterna queda reducida a 500 Ω/V. La cosa no tiene mayor importancia, puesto que en corriente alterna suelen hacerse las mediciones en circuitos de baja resistencia.

EJEMPLOS PRACTICOS

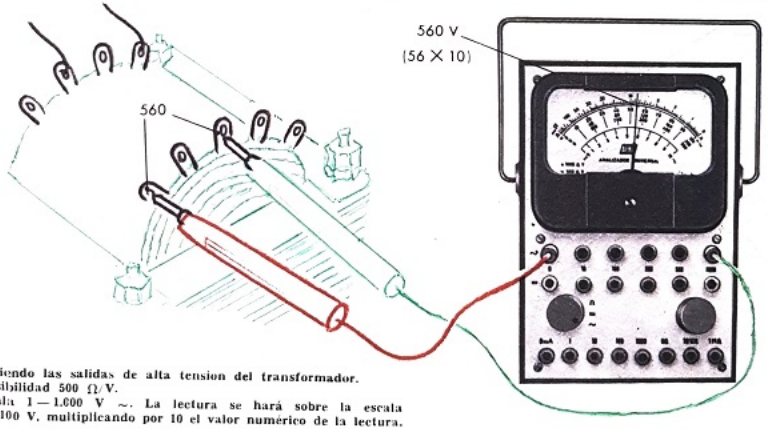
No dejemos la tónica seguida y vayamos a solucionar algunas medidas de tensiones alternas, para que pueda comprobar la eficacia de su instrumento practicando algunas mediciones de interés. También aquí añadimos el esquema, destacando el circuito que actúa en cada medición.



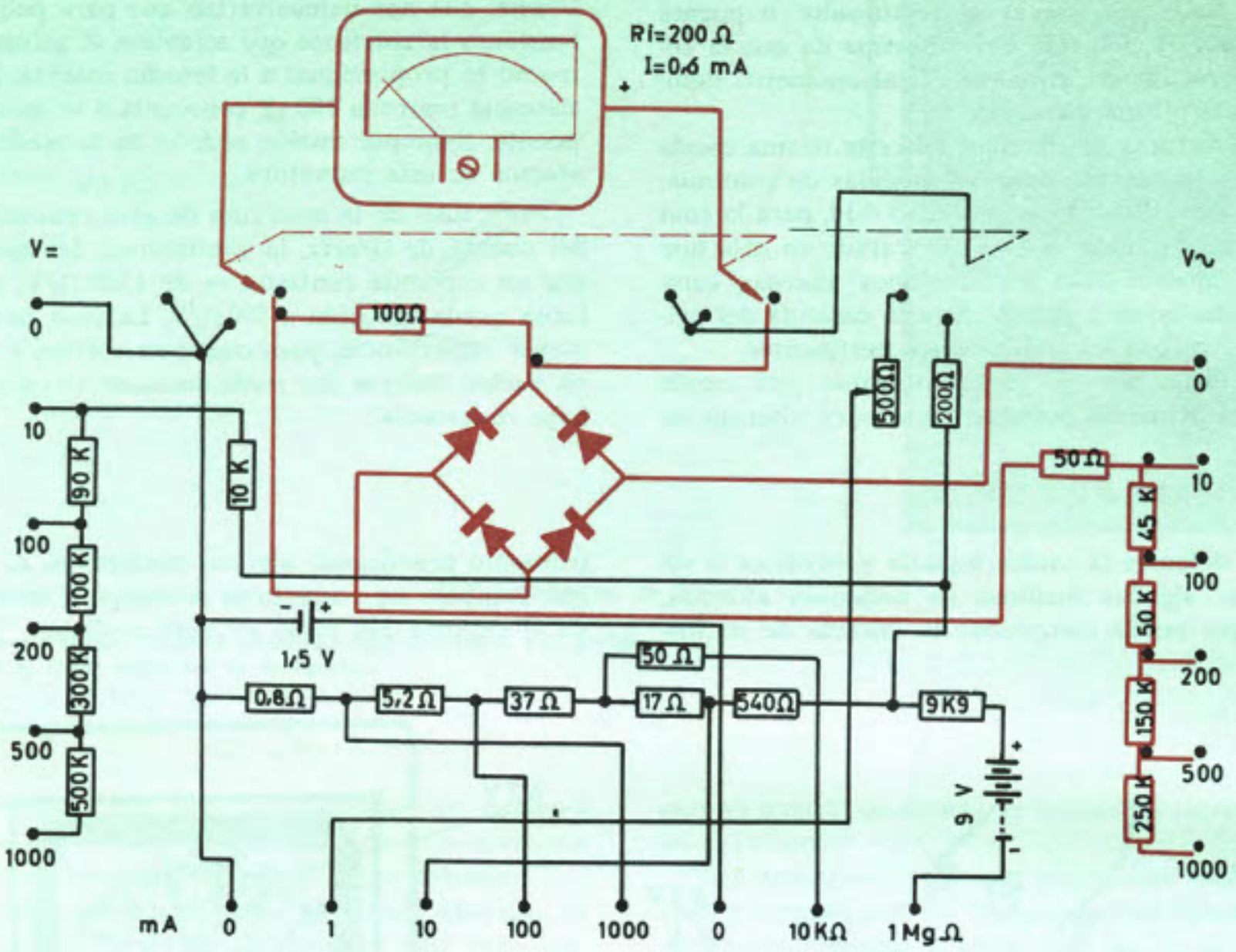
Midiendo la salida de baja tensión del transformador.
Sensibilidad 500 Ω V. 1 — 10 V ~. La lectura es directa sobre la escala especial para estas tensiones

Ri=200 Ω
I=0,6 mA
+
V=
0
10
100
200
500
1000
90 K
100 K
300 K
500 K
10 K
100Ω
1,5 V
0,8Ω
5,2Ω
37Ω
50 Ω
17Ω
540Ω
9K9
9 V
500Ω
200Ω
50Ω
V∿
0
10
100
200
500
1000
45 K
50 K
150 K
250 K
mA
0
1
10
100
1000
0
10KΩ
1MgΩ

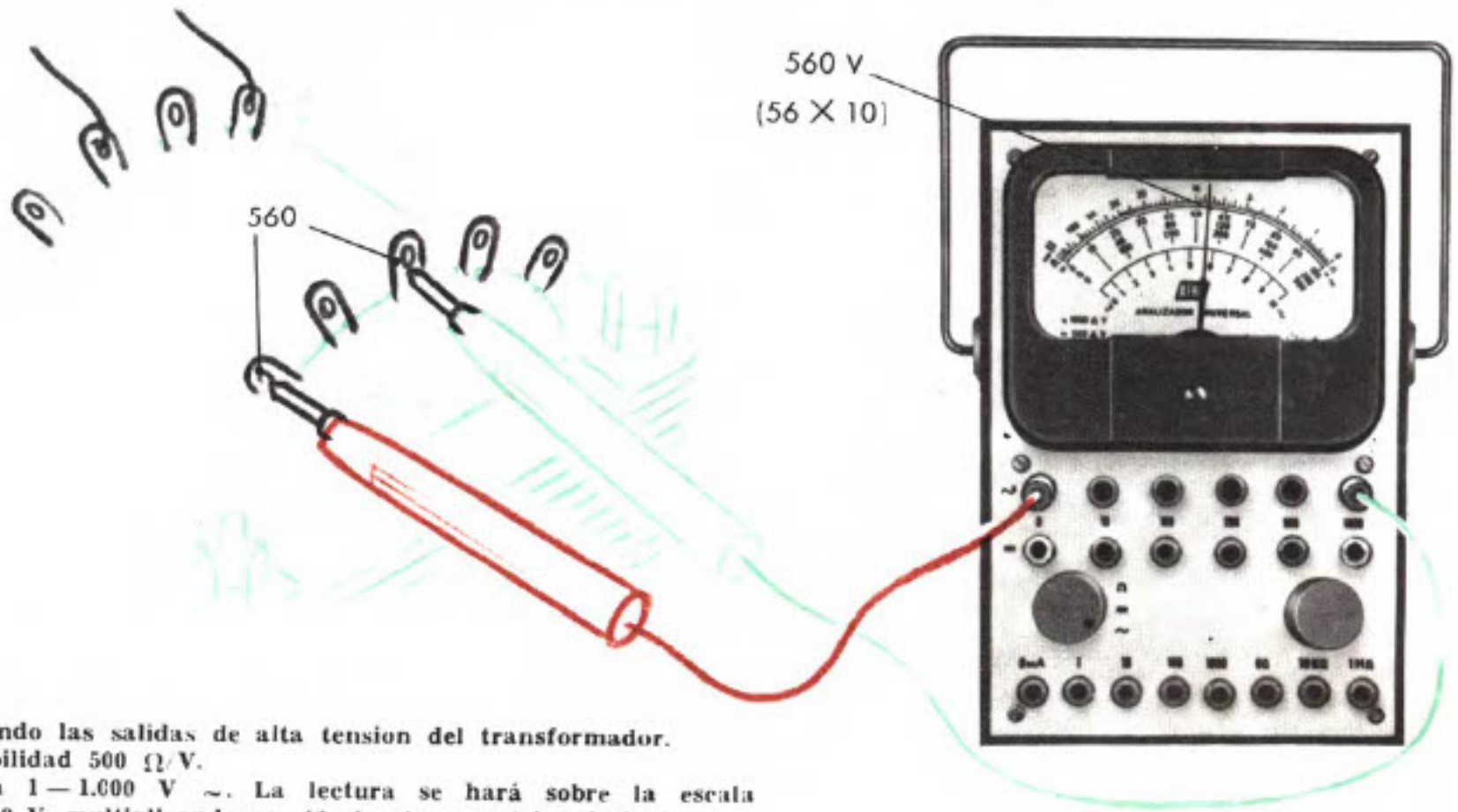
He aquí, impresa en rojo, la parte del circuito del tester utilizada en la medición de tensiones alternas.



Midiendo las salidas de alta tension del transformador.
Sensibilidad 500 Ω/V.
Escala 1 — 1.000 V ∼. La lectura se hará sobre la escala 0 — 100 V. multiplicando por 10 el valor numérico de la lectura.



He aquí, impresa en rojo, la parte del circuito del téster utilizada en la medición de tensiones alternas.



Midiendo las salidas de alta tension del transformador.
Sensibilidad 500 Ω/V.
Escala 1 — 1.000 V ~. La lectura se hará sobre la escala 0 — 100 V, multiplicando por 10 el valor numérico de la lectura.

MEDIDA DE RESISTENCIAS

Para convertir el téster en un óhmetro es preciso desconectar el puente de Graetz e intercalar en el circuito una batería y una resistencia variable o potenciómetro. Ambas cosas se consiguen con sólo situar la llave del conmutador en la posición Ω, que es la primera empezando por arriba.

El esquema adjunto nos ilustra sobre el circuito que actúa en estas mediciones.

Para medir resistencias debe operarse de una manera especial:

1.º AJUSTE A CERO

Ya sabemos que en la carátula del galvanómetro los valores de resistencia se leen al revés, o sea de derecha a izquierda. Es decir: con resistencia cero, la aguja debe situarse a fondo de escala.

Para ello hacemos lo siguiente: con una banana en la hembrilla de 0 ohmios y la otra en la hembrilla que corresponde a la escala en que deseamos efectuar la medición, ponemos las dos puntas de prueba de contacto; en cortocircuito. La aguja se desviará a fondo de escala con más o menos aproximación.

Sin separar las puntas, accionaremos la flecha de la resistencia variable hasta que la aguja coincida exactamente con la señal de los 0 ohmios. Cuando se haya conseguido este ajuste a cero habremos preparado el polímetro para actuar de óhmetro.

Si al variar el valor de la resistencia por medio de la flecha no se consigue que la aguja se ajuste al 0, debemos pensar en el desgaste excesivo de las pilas. Deberán cambiarse.

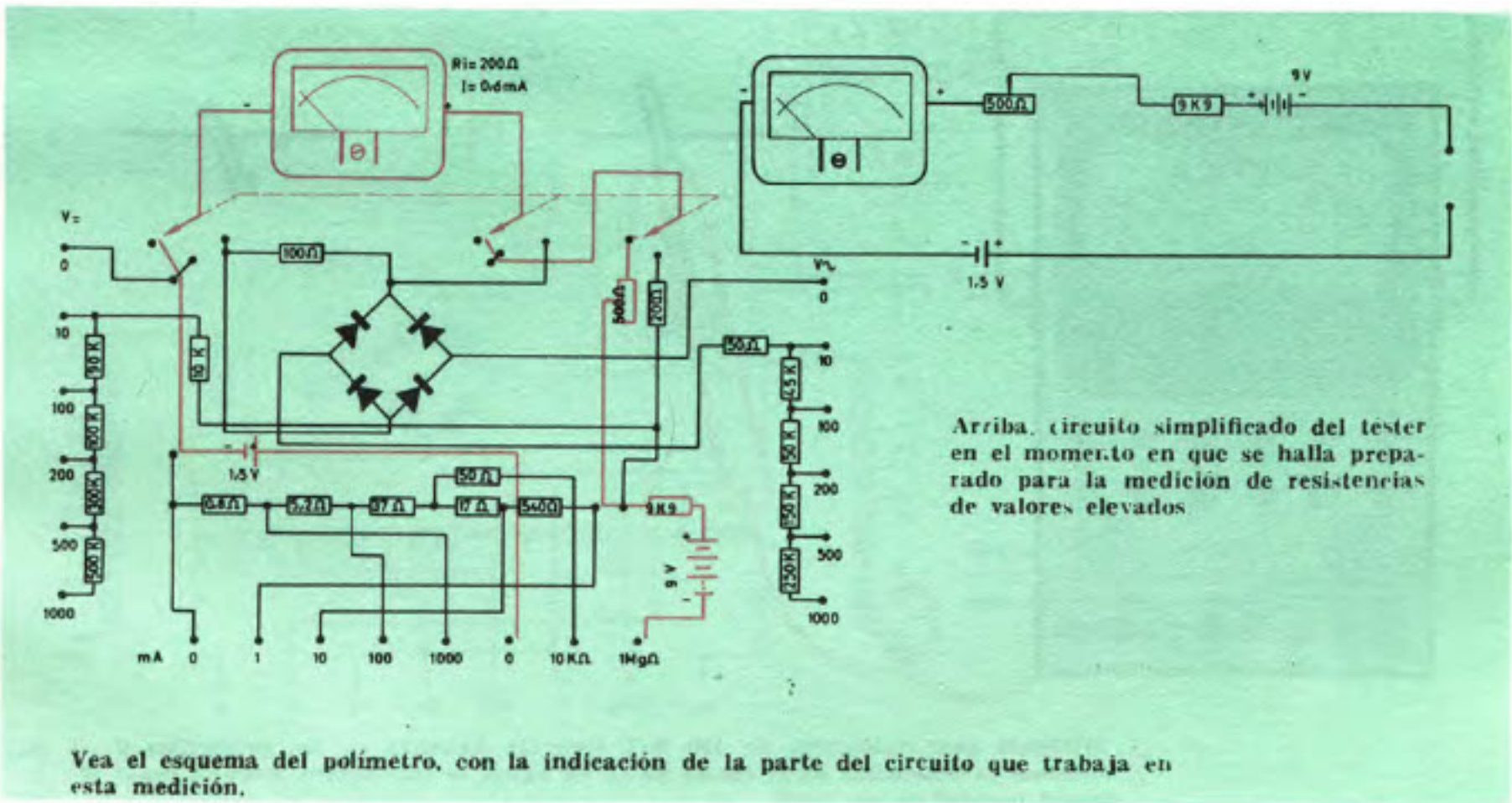
Si esta imposibilidad se presenta trabajando con la escala 0-10 KΩ, deberá reponerse la pila de 1'5 V. Cuando se presenta trabajando con la escala 0-1 MΩ, hay que reemplazar la pila de 9 V.

2.º LA RESISTENCIA NO FORMA PARTE DE NINGÚN CIRCUITO

En este caso, una vez situado el conmutador, verificado el ajuste a cero y escogida la escala, se aplicarán las puntas de prueba una en cada terminal de la resistencia a medir.

3.º LA RESISTENCIA FORMA PARTE DE UN CIRCUITO

En radio es muy frecuente, sobre todo en trabajos de reparación, que deban comprobarse los valores de algunas resistencias de las muchas que forman parte del circuito. Proceda así:

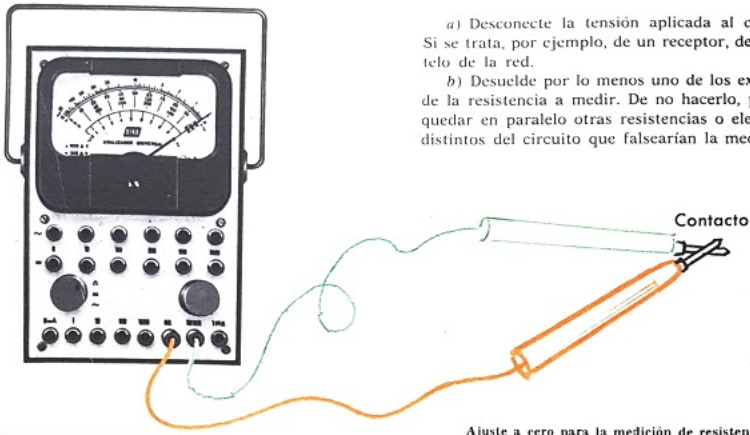


Arriba, circuito simplificado del téster en el momento en que se halla preparado para la medición de resistencias de valores elevados

Vea el esquema del polímetro, con la indicación de la parte del circuito que trabaja en esta medición.

a) Desconecte la tensión aplicada al circuito. Si se trata, por ejemplo, de un receptor, desconéctelo de la red.

b) Desuelde por lo menos uno de los extremos de la resistencia a medir. De no hacerlo, podrían quedar en paralelo otras resistencias o elementos distintos del circuito que falsearían la medida.



Ajuste a cero para la medición de resistencias.

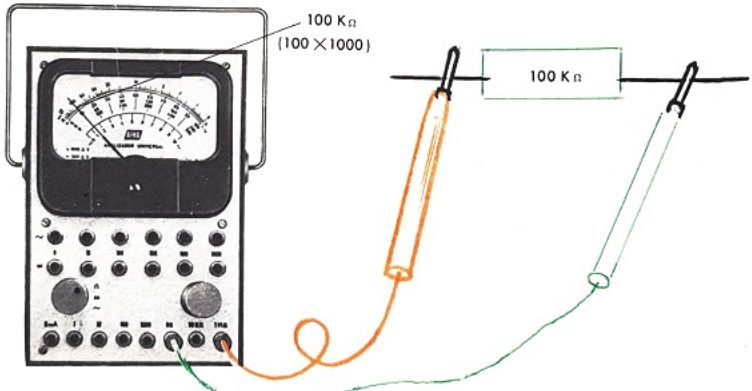
EJEMPLOS PRACTICOS

Para terminar, vea algunos ejemplos que le orienten sobre la manera de medir correctamente una resistencia.

Empecemos por ver que los valores óhmicos se encuentran en el arco superior de la carátula del galvanómetro, y que el valor indicado directamente por esta graduación debe multiplicarse por 10 cuando se trabaja con sensibilidad de 0-10 KΩ.

Si hemos adoptado la sensibilidad de 0-1 MΩ, el valor de la resistencia comprobada será igual al valor indicado por la aguja, multiplicado por 1.000.

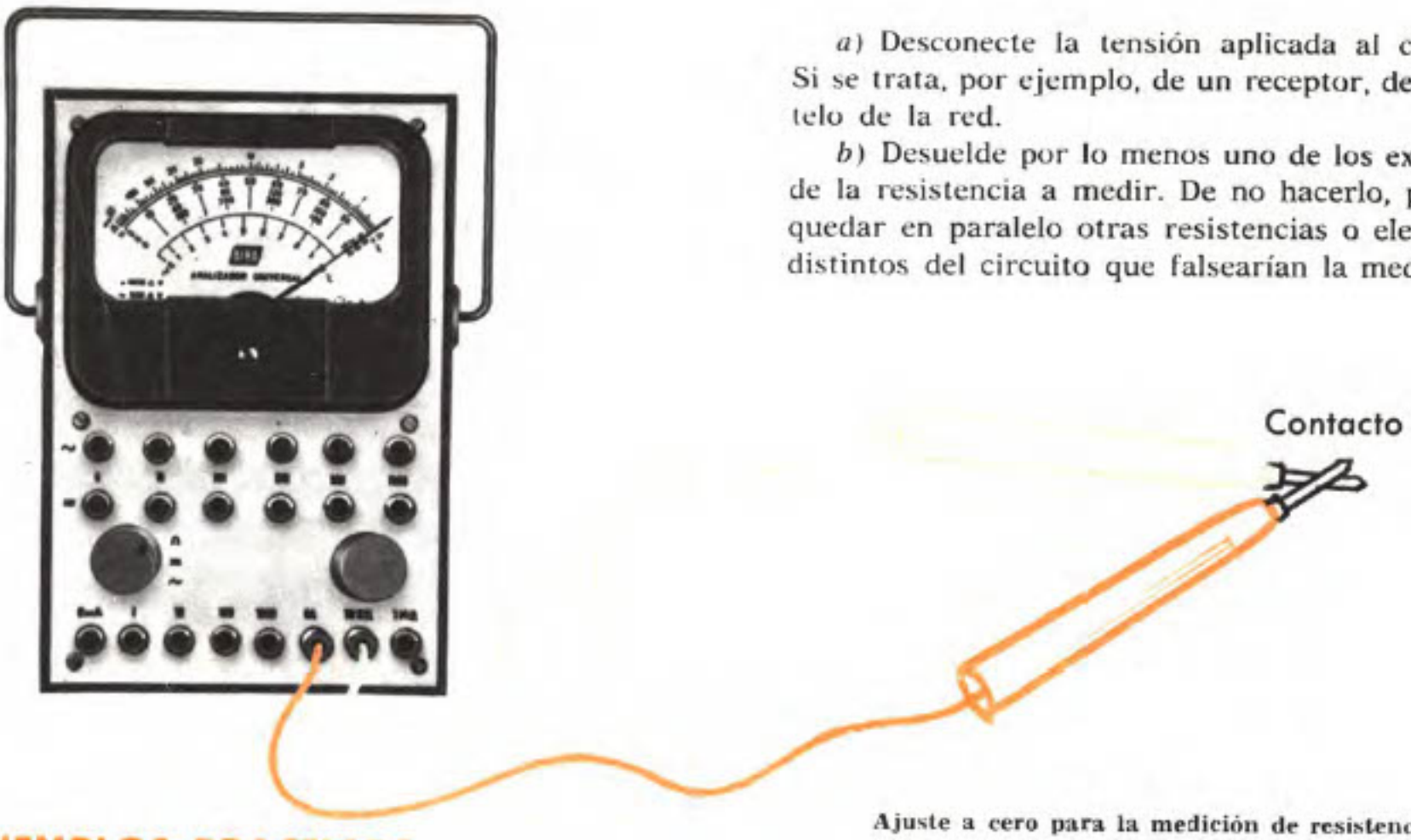
Practique los ejemplos que siguen y habrá completado los conocimientos necesarios para manejar cualquier téster normal, así como para interpretar las lecturas de sus escalas.



Midiendo una resistencia de 100 KΩ. Con las bananas en las hembrillas 0 — 1 MΩ leeremos la indicación de la escala de Ω. La aguja se estacionará sobre la señal 100. Debemos multiplicar por 1.000.

a) Desconecte la tensión aplicada al circuito. Si se trata, por ejemplo, de un receptor, desconéctelo de la red.

b) Desuelde por lo menos uno de los extremos de la resistencia a medir. De no hacerlo, podrían quedar en paralelo otras resistencias o elementos distintos del circuito que falsearían la medida.



Ajuste a cero para la medición de resistencias.

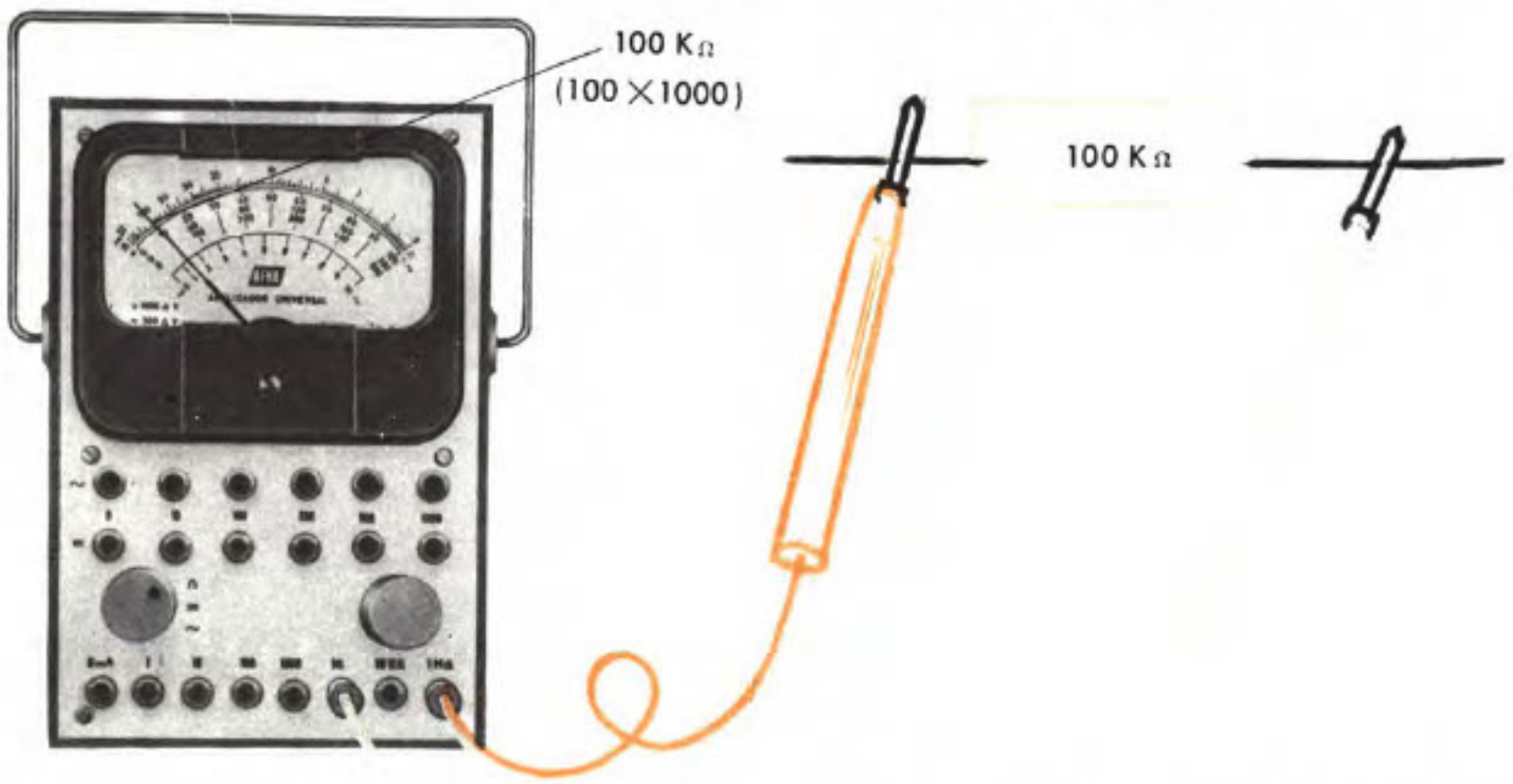
EJEMPLOS PRACTICOS

Para terminar, vea algunos ejemplos que le orienten sobre la manera de medir correctamente una resistencia.

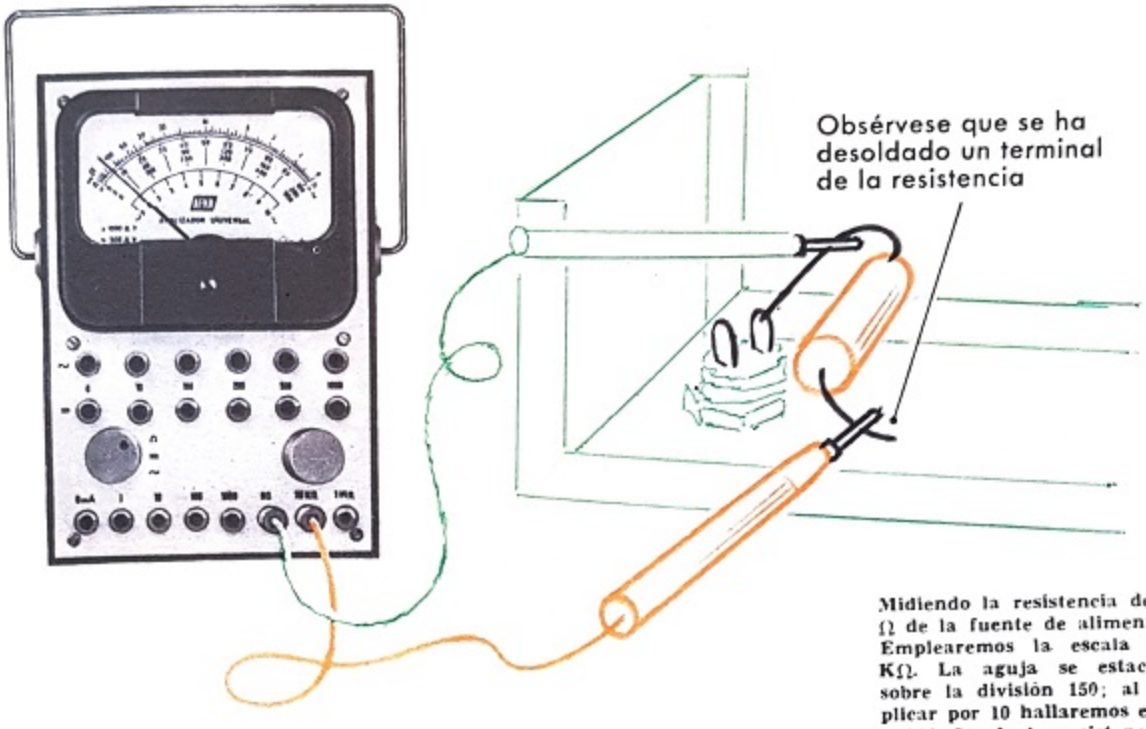
Empecemos por ver que los valores óhmicos se encuentran en el arco superior de la carátula del galvanómetro, y que el valor indicado directamente por esta graduación debe multiplicarse por 10 cuando se trabaja con sensibilidad de 0-10 KΩ.

Si hemos adoptado la sensibilidad de 0-1 MΩ, el valor de la resistencia comprobada será igual al valor indicado por la aguja, multiplicado por 1.000.

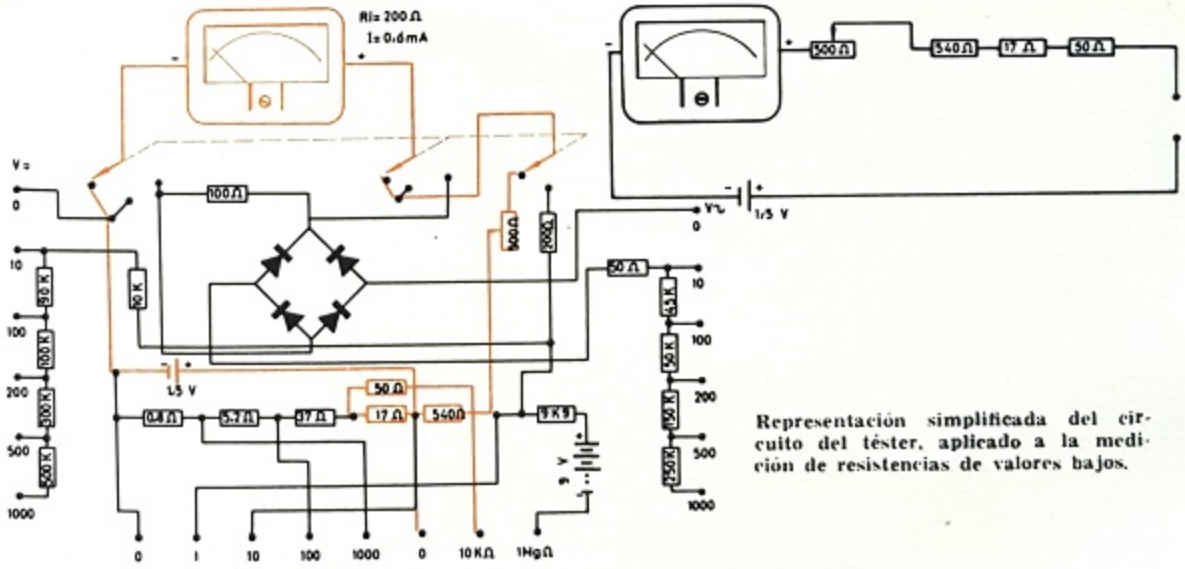
Practique los ejemplos que siguen y habrá completado los conocimientos necesarios para manejar cualquier téster normal, así como para interpretar las lecturas de sus escalas.



Midiendo una resistencia de 100 KΩ. Con las bananas en las hembrillas 0 — 1 MΩ leeremos la indicación de la escala de Ω. La aguja se estacionará sobre la señal 100. Debemos multiplicar por 1.000.



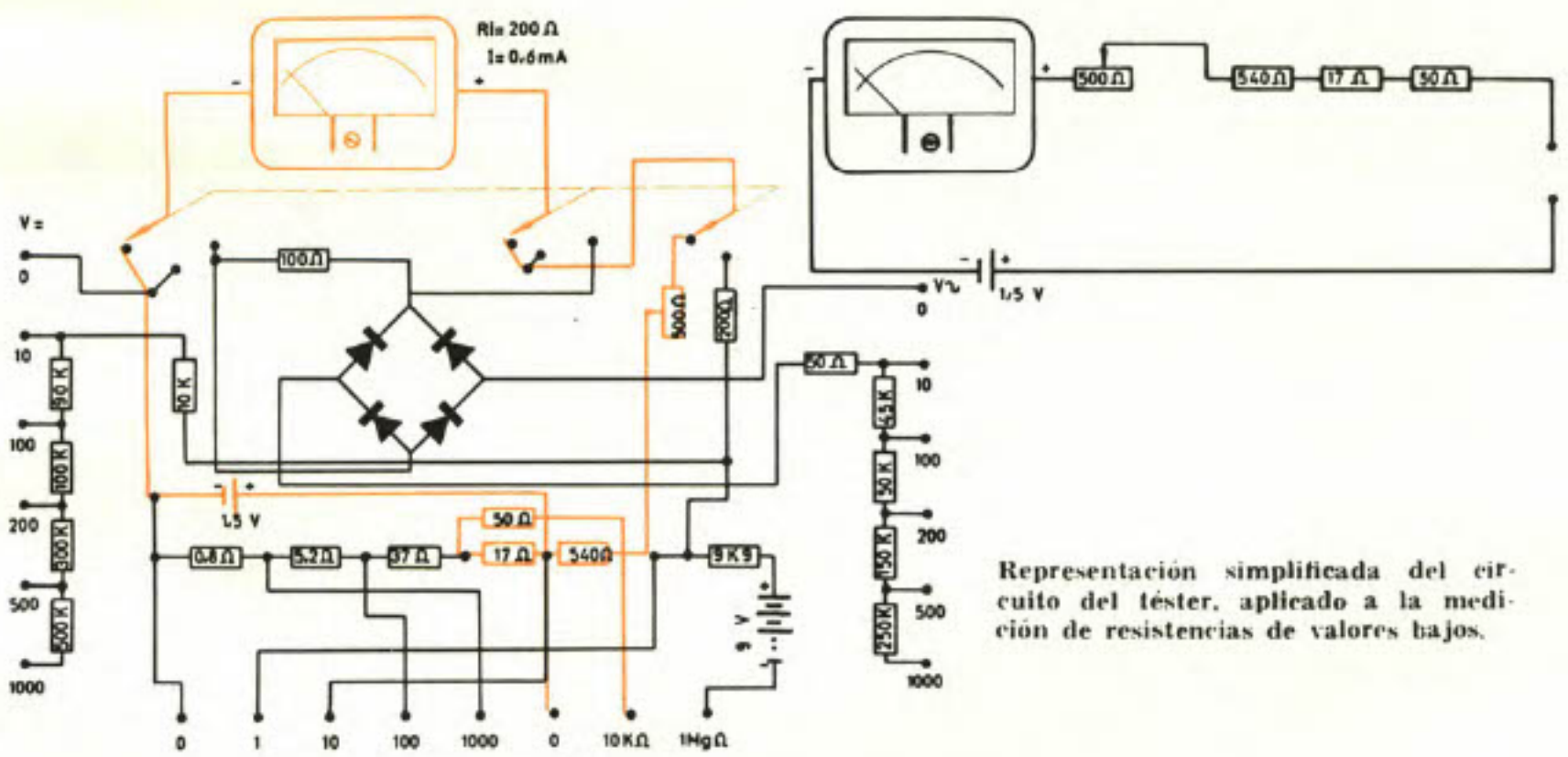
Midiendo la resistencia de 1.500 Ω de la fuente de alimentación. Emplearemos la escala 0 — 10 KΩ. La aguja se estacionará sobre la división 150; al multiplicar por 10 hallaremos el valor (1.500 Ω) de la resistencia.



Representación simplificada del circuito del tester, aplicado a la medición de resistencias de valores bajos.

Obsérvese que se ha desoldado un terminal de la resistencia

Midiendo la resistencia de 1.500 Ω de la fuente de alimentación. Emplearemos la escala 0 — 10 KΩ. La aguja se estacionará sobre la división 150; al multiplicar por 10 hallaremos el valor (1.500 Ω) de la resistencia.



Representación simplificada del circuito del téster, aplicado a la medición de resistencias de valores bajos.

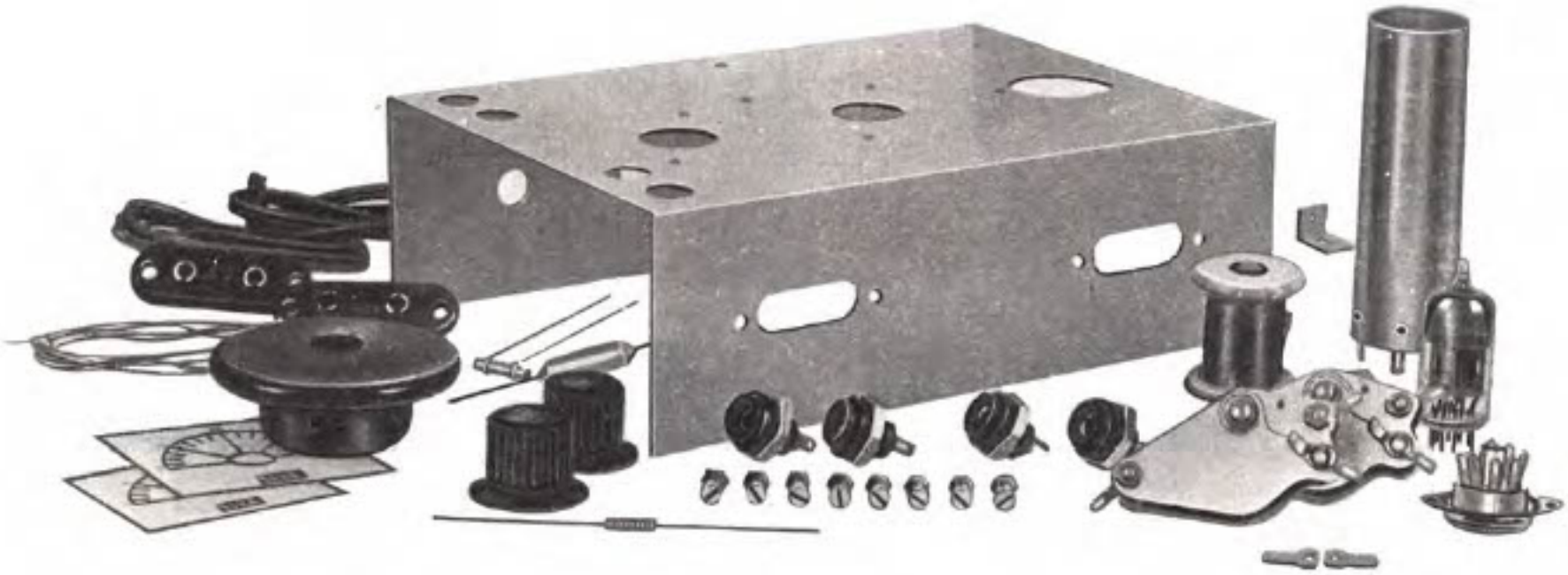
DOS IMPORTANTES ADVERTENCIAS

1. Tanto si se emplea el polímetro descrito en estas lecciones, como si el radiotécnico se vale de cualquier otro, es muy conveniente que lea con atención, **íntegramente,** las instrucciones para su uso antes de efectuar ninguna medición. De este modo no incurrirá en errores (que podrían dañar al téster), y al mismo tiempo procederá sobre seguro en el momento de la realidad.

2. Cuando se mide el valor de alguna resistencia, debe evitarse sujetar con los dedos las partes desnudas de las puntas de prueba. La resistencia que presenta el cuerpo humano quedaría entonces en paralelo con la que se intentase medir; la consecuencia sería una lectura errónea, sobre todo en los valores elevados.

lección práctica 4

NUESTRO PRIMER RECEPTOR A REACCION



CONSIDERACIONES PREVIAS

Puesto que hemos empezado el estudio técnico de los receptores a reacción, es lógico que destinemos esta primera práctica del tema a la construcción del más simple de estos receptores. Tendrá el placer de comprobar la efectividad de los estudios teóricos realizados, y además conseguirá situarse en lo que podemos llamar una posición de partida para experimentar los perfeccionamientos técnicos que serán el tema de las próximas lecciones sobre la base del montaje que ahora realizará.

En efecto: lo que en principio será un receptor elemental a reacción irá convirtiéndose, etapa tras etapa, en otro receptor cada vez más perfeccionado. Aparecerá una etapa amplificadora que nos permitirá sustituir el auricular por un altavoz. Luego le añadiremos el dispositivo necesario para obtener un control de volumen. Finalmente, otra etapa perfeccionadora permitirá que nuestro receptor sea capaz de controlar el tono de los sonidos, haciendo más audibles los sonidos agudos o los graves, según el deseo del radioescucha.

Es, pues, una etapa francamente interesante.

CARACTERISTICAS Y MATERIALES

Las características técnicas del receptor que vamos a montar son las siguientes:

Detección por rejilla; realimentación positiva por bobina de reacción.

Tratándose de un aparato tan simple, no caben más disquisiciones.

En cuanto al material podemos desglosarlo así:

Desarrollo del chasis que emplearemos para las experiencias sobre receptores a reacción. Las medidas están anotadas en milímetros.

1. Chasis

Se trata de un chasis de factura muy simple, que deberá prepararse con todos los taladros necesarios para poder acoplarle los componentes de las futuras etapas de amplificación y control de volumen y de tono.

Como es normal en las piezas de este género, estará construido con chapa de hierro estañado o con otro baño que facilite las soldaduras a masa y que evite la oxidación del hierro.

La forma y dimensiones quedan especificadas en la fotografía y plano que proporcionamos.

Fotografía del chasis.

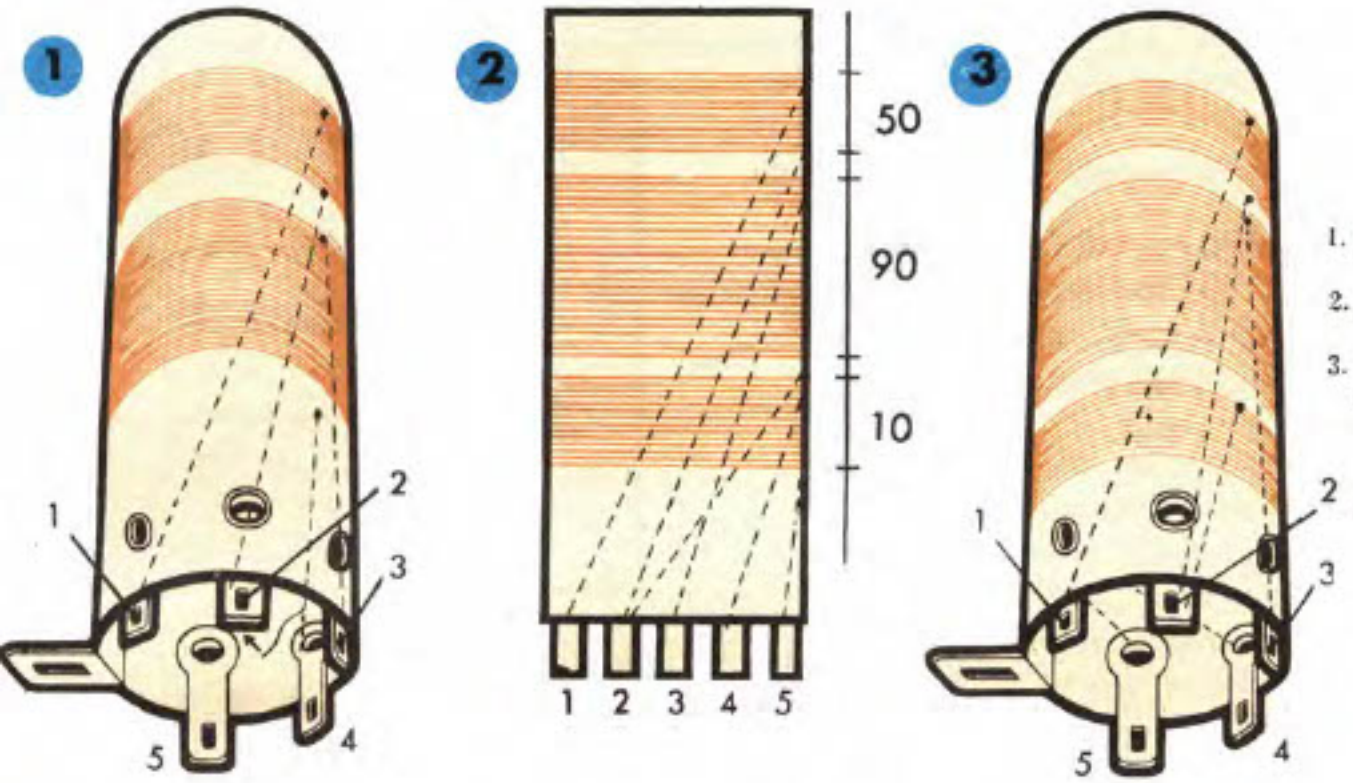
2. Bobina

Recuerde que, en realidad, se trata de tres bobinas montadas sobre un mismo tubo. Concretamente, necesitamos la bobina cuya construcción se describe en el capítulo de PRÁCTICAS de la lección tercera de nuestro método, con la diferencia de que la bobina de reacción DEBE TENER ÚNICAMENTE DIEZ ESPIRAS O VUELTAS.

Ahora bien; como usted ha construido el receptor con detección por diodo de germanio (era en la lección sexta), y como para él debió devanar la bobina de antena y la de sintonía, que son idénticas a las que ahora precisamos, el montaje del juego de bobinas para este primer receptor a reacción se reducirá para usted al devanado de la bobina de reacción.

Para ello deberá empezar por desoldar una de las conexiones de la bobina que montó anteriormente.

Veamos, por medio de unos gráficos, cómo debe proceder:



1. Esta es la bobina que necesitamos.
2. Representación esquemática de la misma bobina.
3. En la lección sexta teníamos la bobina de antena y la de sintonía. Debemos desoldar la salida de la segunda bobina del terminal 4 y soldarla sobre el terminal 2. Luego bobinaremos la bobina de reacción.

3. Escuadra

Se trata de un pequeño ángulo de hierro con dos taladros, uno en cada plano. Su misión es, simplemente, la de sujetar la bobina al chasis. Un tornillo fija el tubo a la escuadra y otro tornillo sujeta el conjunto al chasis.

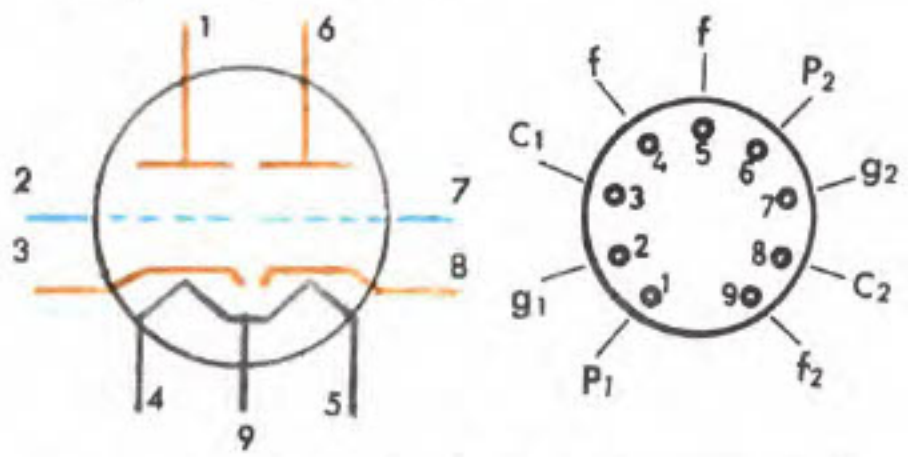
4. Válvula

Será una ECC82.

Se trata de una válvula doble triodo que usted conoce muy bien por haberla estudiado en pasadas lecciones. En esta válvula quedan encerrados los dos triodos, de los cuales sólo utilizaremos uno. Para mayor claridad le damos la representación simbólica de esta válvula. Vea en ella la numeración de las patillas, así como los elementos a que corresponden.

Usted, claro, se preguntará la razón por la que, en vez de proponerle el empleo de un triodo sencillo, hacemos referencia a una válvula más complicada. Justificamos nuestra posición:

Pretendemos que el material necesario para las prácticas que vamos proponiendo resulte rentable hasta lo máximo. Por tanto, conviene que la válvula que emplee en este receptor le sirva más adelante para otras aplicaciones, hasta dejarla definitivamente incorporada al receptor superheterodino con F.M. que constituirá el colofón de las prácticas de radio. Los receptores a reacción, actualmente, tienen un gran interés pedagógico; pero desde un punto de vista práctico y comercial podemos decir con absoluta seguridad que han pasado a la historia.



P_1, placa primer triodo; g_1, rejilla primer triodo; c_1, cátodo primer triodo; f y f, filamentos primer y segundo triodo; p_2, placa segundo triodo; g_2, rejilla segundo triodo; c_2, cátodo segundo triodo; f_2, toma media filamentos.

Puesto que se emplean válvulas de la serie Noval, es inútil añadir otra cosa: necesitamos un zócalo para válvula Noval.

6. Hembrillas

Necesitaremos cuatro hembrillas aisladas de chasis: dos verdes, una negra y otra encarnada. Cualquier modelo es bueno mientras responda a la condición de quedar aisladas del chasis. Ya conoce el modelo que hemos empleado en lecciones anteriores.

7. Plaquita A-T y plaquita Fono

Para facilitar las tomas de antena y tierra emplearemos una plaquita especial. Es una especie de enchufe con dos contactos, prolongados hacia el interior, sobre los que pueden practicarse las soldaduras necesarias.

La plaquita con la indicación *Fono* es exactamente igual. En ella conectaremos el auricular.

8. Condensador variable de papel de 500 cm

Sirve el mismo condensador variable que utilizó para el montaje del receptor con detección por diodo de germanio. Puede aprovecharlo retirándolo de aquel montaje. Además debe añadir otro condensador.

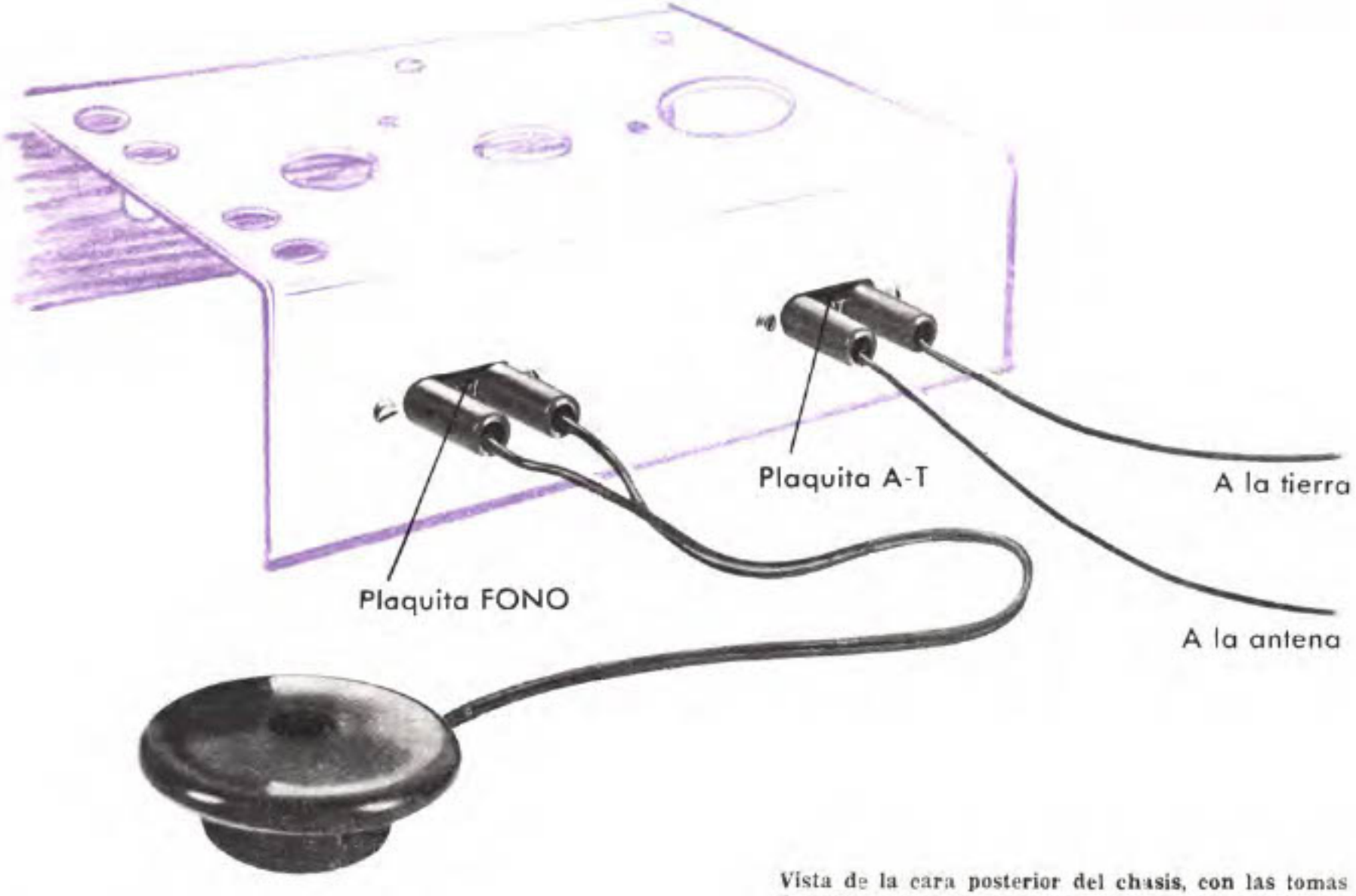
9. Condensadores y resistencias

a) Un condensador cerámico de 100 pF.

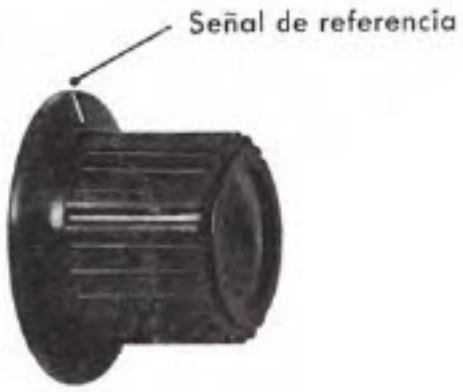
b) Un condensador de papel de 5000 pF, 1500 V.

c) Una resistencia de 1 MΩ, de un 10 % de tolerancia.

10. Tres terminales



Vista de la cara posterior del chasis, con las tomas de antena y tierra y con la conexión del auricular.



Botón de mando con su señal de referencia.

Idea para dibujar la carátula.

11. Tornillos

Para la fijación al chasis de las placa A-T y *Fono*, y asimismo para la sujección del zócalo de la bobina, emplearemos tornillos de 1/8 de 10 mm, con su tuerca correspondiente.

12. Auricur

Es un viejo compañero. Gracias a él hemos podido escuchar alguna emisora con nuestro primer receptor de diodo de germanio, en el supuesto, claro, de que hayamos tenido éxito en la empresa.

El mismo auricular nos servirá ahora en este receptor a reacción.

13. Hilos de conexión

14. Botón de mando y carátula graduada

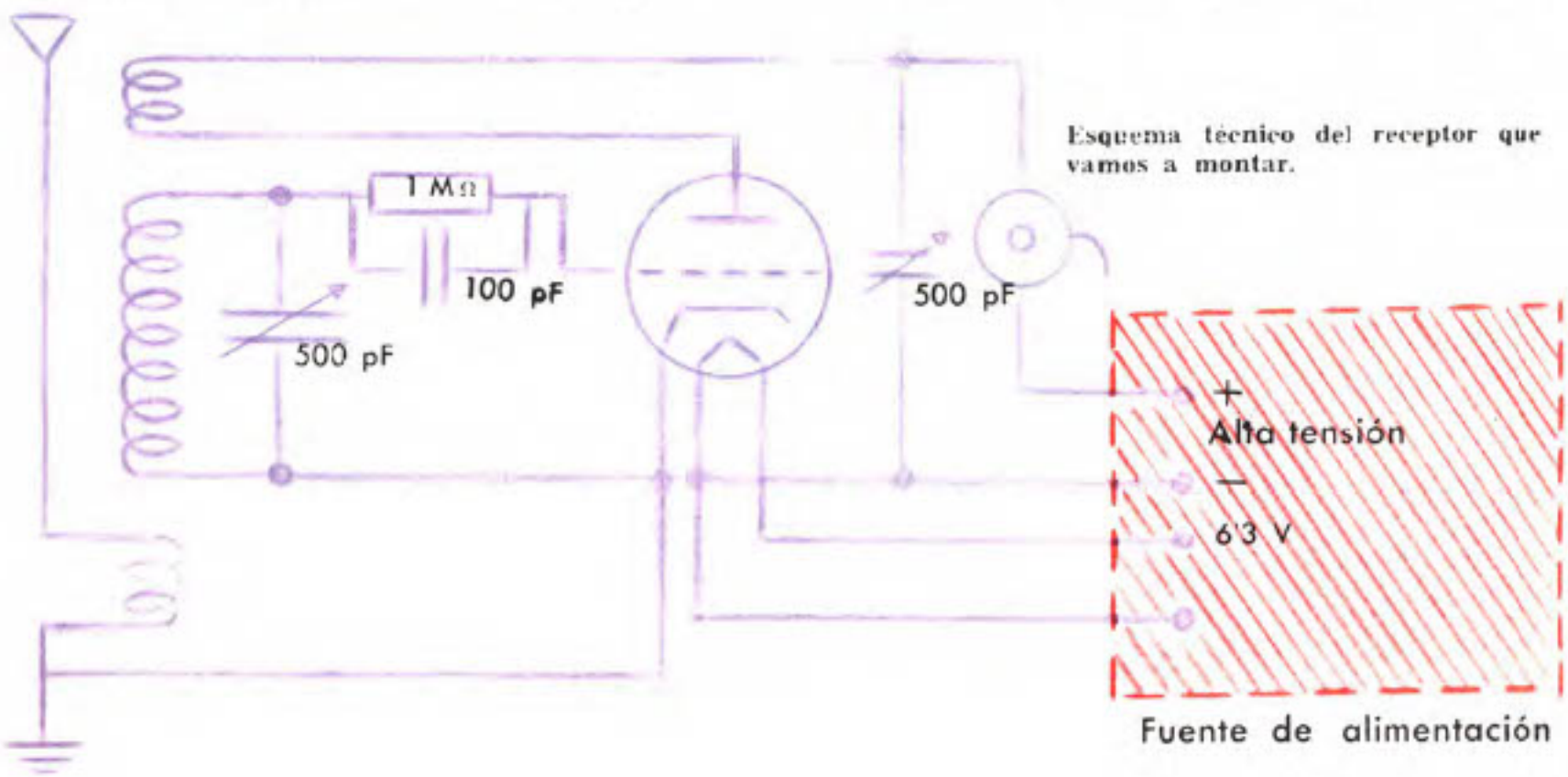
Cualquier tipo normal es bueno, con tal que tenga una señal de referencia.

Conviene agenciarse una pequeña carátula graduada para tener una referencia exacta de la posición del condensador variable para la sintonía de las distintas emisoras. Gracias a la carátula podremos saber, por ejemplo, que Radio X se sintoniza cuando la señal del botón de mando coincide con la señal 60 de la escala graduada.

EL MONTAJE

Lo repetimos, aunque no haría falta nuestra insistencia: el punto de partida de todo montaje es un esquema técnico. En el caso que nos ocupa, será el esquema del receptor a reacción. Lo incluimos en estas páginas; suprimimos la parte que corresponde a la fuente de alimentación, que conocemos sobradamente.

También hacemos hincapié en otra cuestión:

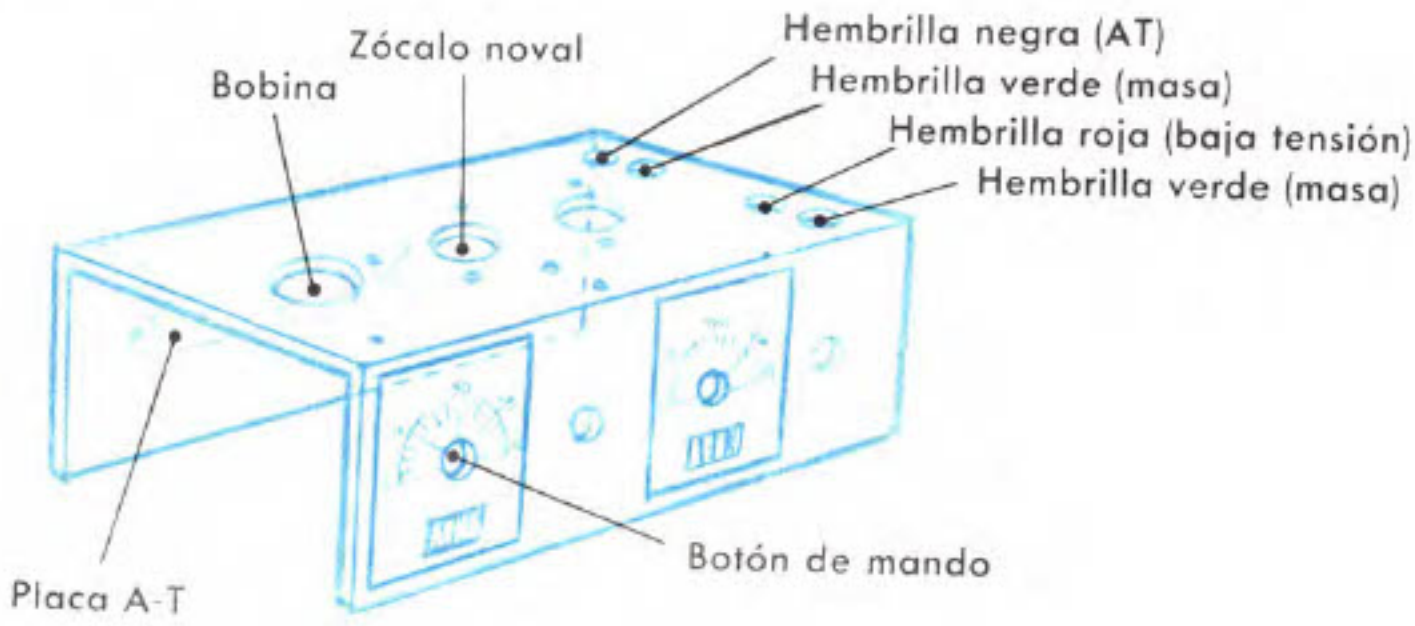


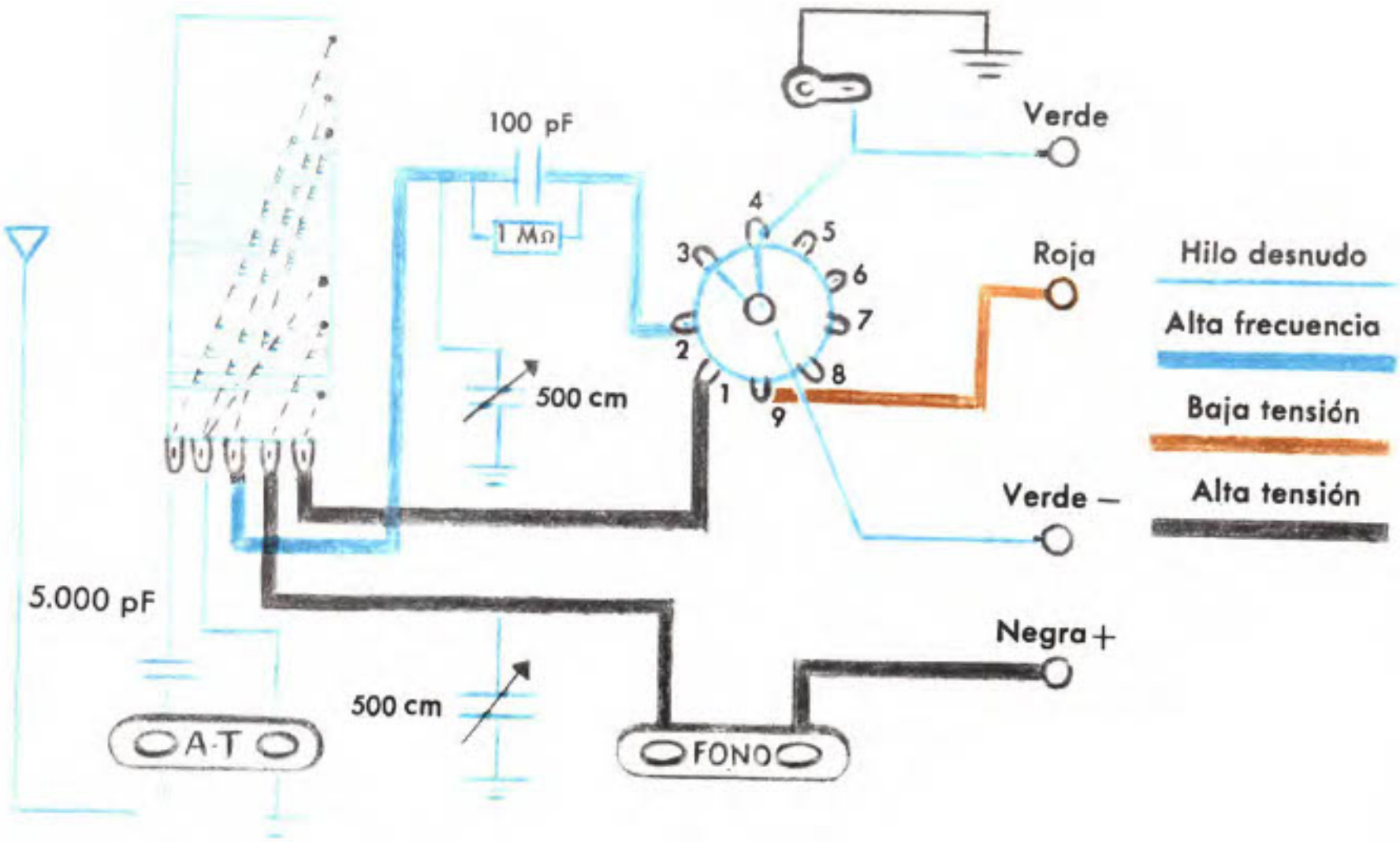
Esquema técnico del receptor que vamos a montar.

la de las tomas de masa. Recuerde lo que dijimos al respecto cuando, en la lección 9, concluimos el montaje de la fuente de alimentación: que el chasis representa, respecto al montaje, lo que la tierra respecto al esquema.

Luego, el primer paso eficaz hacia el montaje definitivo puede ser el dibujo del esquema práctico o de montaje que trazaremos de acuerdo con la situación sobre el chasis de los distintos componentes. A la vista del mismo, es fácil darse cuenta del lugar destinado a cada componente (bobina, zócalo, plaquitas, condensadores variables, hembrillas, etc.); y tomando esta situación por referencia también resulta fácil trazar el esquema práctico del receptor.

Observe lo que decíamos de las tomas de masa: todos los conductores que, en el esquema, quedan conectados directa o indirectamente con la tierra, en el esquema de montaje se conectan al chasis.





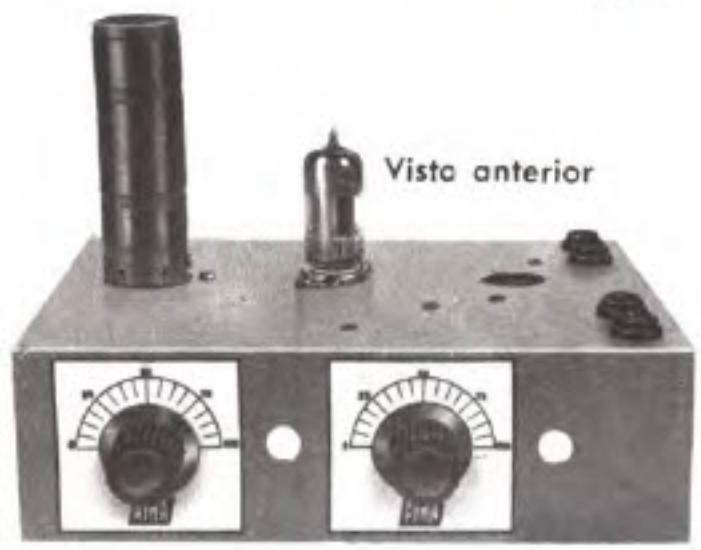
Conociendo la situación de los componentes en el chasis es fácil pasar al esquema práctico.

Observará que en el esquema práctico hemos añadido un condensador de 5000 pF situado entre la antena y su bobina. Su misión es preventiva; sirve para evitar el cortocircuito que se daría en el caso (poco probable, pero posible) de que, por descuido, se tomasen los bornes de la plaquita *A-T* como un enchufe. Si se conectase la tensión de la red a estos bornes, la bobina quedaría inservible. Con este condensador de 5000 pF, que para 125 V y una frecuencia de 50 ciclos representa una resistencia muy apreciable, se evita el cortocircuito.

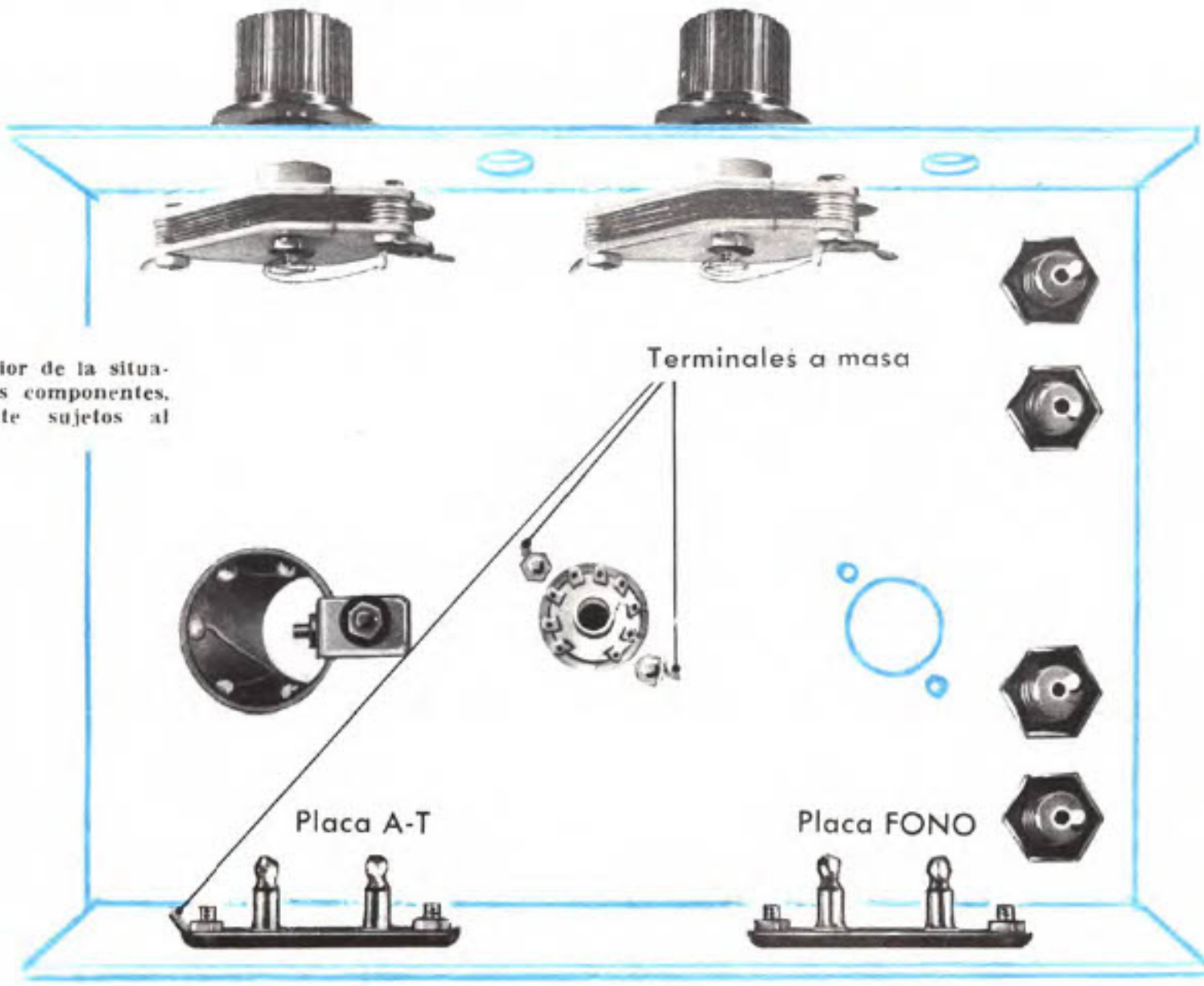
En cuanto al color de los conductores cubiertos, queremos dejar bien sentado que nos moveremos según el código siguiente:

CONDUCTOR AZUL =
Corrientes de A.F. (alta frecuencia).
CONDUCTOR ROJO =
Corrientes de baja tensión.
CONDUCTOR NEGRO =
Corrientes de alta tensión.
CONDUCTOR DESNUDO =
Hilo de retención, tomas de masa.

PRIMERA OPERACION. Colocación de los componentes directamente fijados al chasis



Vistas exteriores, con la situación de los componentes directamente sujetos al chasis.



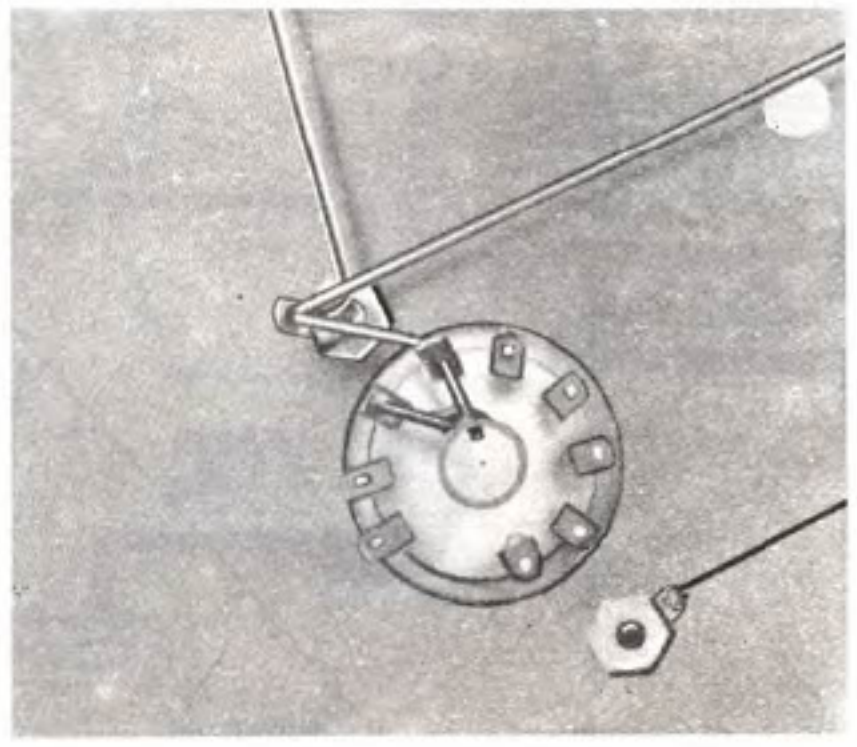
Vista interior de la situación de los componentes, directamente sujetos al chasis.

SEGUNDA OPERACION. Conexiones a masa

Conjunto de las conexiones a masa.

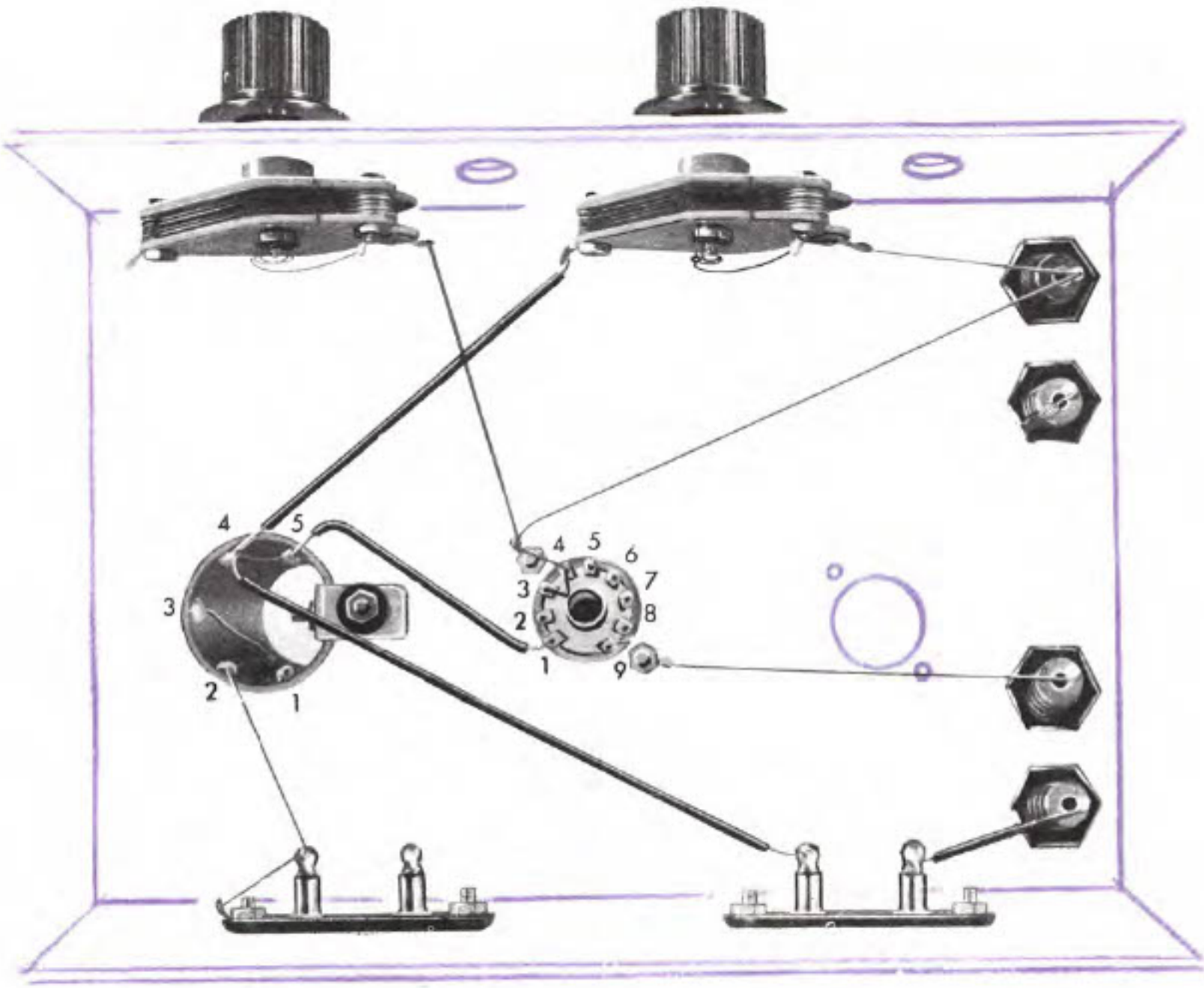
Observe el detalle de las conexiones a masa de la patilla 3 y 4 del zócalo, correspondientes al cátodo (pata 3) y filamento (pata 4). Las tomas de masa se han efectuado sobre la *chimenea* del zócalo, detalle constructivo de cuya función específica hablaremos más adelante. Sobre el terminal a masa 1 se han soldado las conexiones a tierra correspondientes al condensador de sintonía y a la toma de baja tensión. Las masas de cátodo y filamento llegan a este mismo terminal mediante la conexión que señalamos con C.

La conexión a masa correspondiente al negativo de la toma de alta tensión se efectuará sobre el terminal 2; la correspondiente al tierra propiamente dicho, sobre el terminal 3 sujeto entre el chasis y la plaquita de *A-T*. Llevamos una conexión desde la pata 2 de la bobina al contacto T de la placa y desde él hasta el terminal 3.



Detalle de las soldaduras a masa hechas sobre la chimenea del zócalo.

TERCERA OPERACION. Conexiones de alta tensión



Las conexiones correspondientes a la corriente de alta tensión se establecerán con hilo negro. Observe en el esquema práctico que tales conexiones son las que corresponden al circuito de placa, en el que intercalamos el auricular y la bobina de reacción.

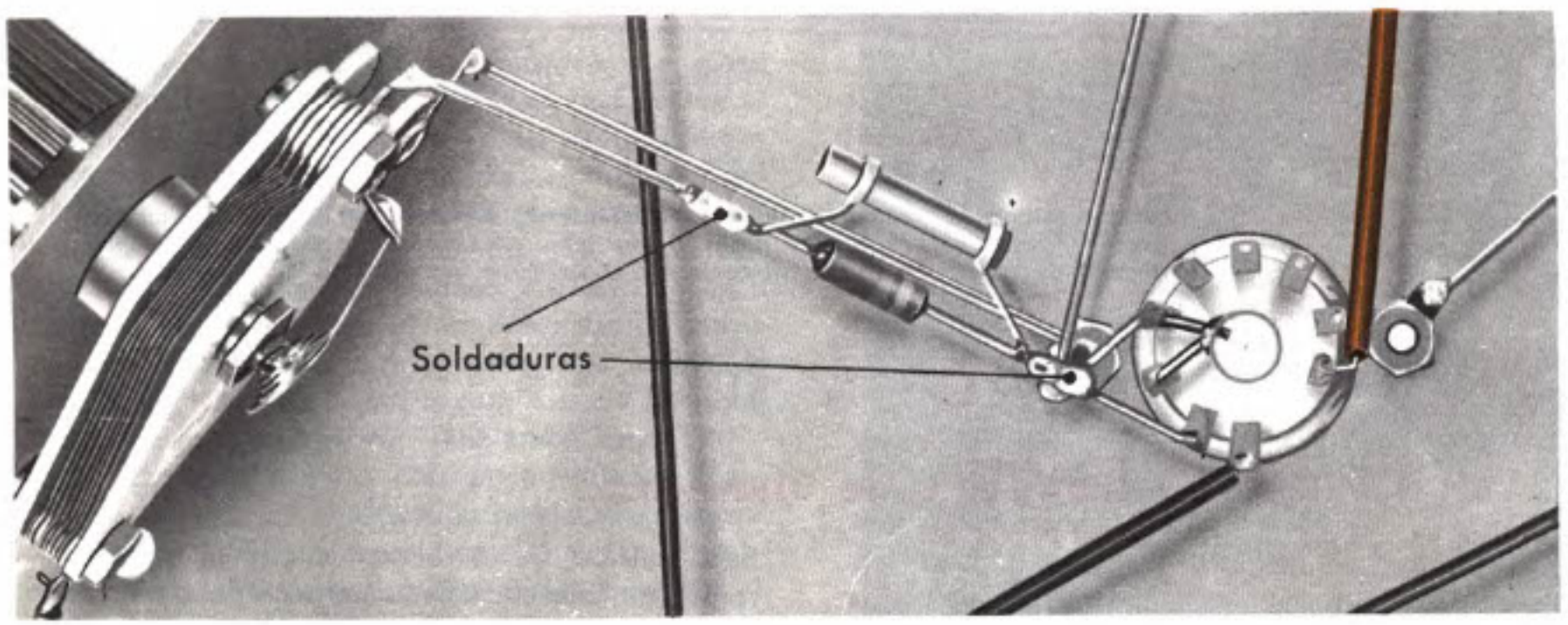
CUARTA OPERACION. Conexión de filamento

Esta conexión llevará corriente de baja tensión (los 6'3 voltios que requiere el filamento de la válvula), y por tanto usaremos hilo con cubierta de color encarnado.

Desde la hembrilla roja de las que toman la baja tensión de la fuente de alimentación llevaremos un hilo encarnado hasta la patilla 9 del zócalo, que corresponde a una de las conexiones de filamento. La otra (patilla 4) se conecta a masa. El circuito se cierra a través del chasis.

QUINTA OPERACION. Conexiones de alta frecuencia

Hemos dicho que las conexiones que deben llevar corrientes de A.F. (conexiones de antena y rejilla, por ejemplo) se harían con hilo azul. Sin embargo, tanto el condensador de antena (5000 pF) como la resistencia y condensador de rejilla se conectarán con hilo desnudo. Es una cuestión de simple comodidad. Los terminales del condensador de antena y los de la resistencia de 1 MΩ alcanzan los puntos de contacto. Por otra parte, las soldaduras del condensador de 100 pF sobre los extremos de la resistencia no admiten cobertura.



Añadimos un detalle del acoplamiento resistencia-condensador situado entre la salida del condensador variable y la rejilla del triodo.

PUESTA EN MARCHA

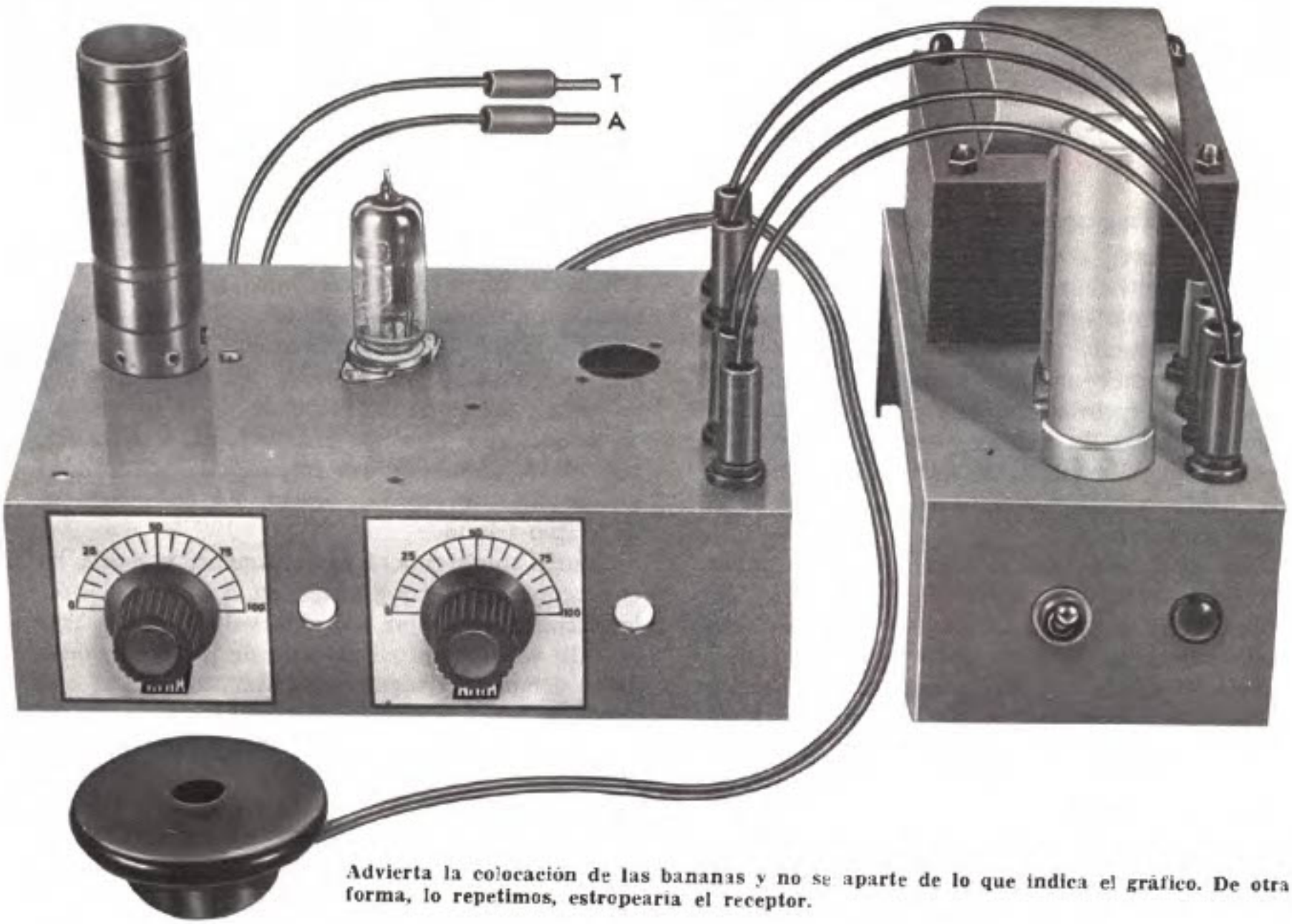
Para poner en marcha este receptor basta con establecer las conexiones oportunas entre él y la fuente de alimentación, cuidando de que la salida de alta tensión de la fuente coincida con la entrada de alta tensión del receptor. De otra forma, como es natural, fundiríamos el filamento de la válvula.

Por tanto, preste atención a la fotografía que ilustra la relación entre receptor y fuente de alimentación.

Lo mejor, para evitar confusiones, es agenciarse ocho bananas, de los mismos colores que las hembrillas. Así sabemos que deben conectarse verde con verde, por ejemplo; rojo con rojo, etc.

Cierre el interruptor de la fuente de alimentación, aplíquese el auricular al oído y accione el botón de mando hasta ajustar la sintonía de una emisora.

Este receptor, desde luego, representa un gran perfeccionamiento en comparación con el receptor con detección por diodo de cristal; pero, aunque en menor grado y con muchísimas más probabilidades de éxito, vale todo lo dicho en la lección 6, cuando le advertíamos de las causas que pueden motivar la mudez del aparato.



Advierta la colocación de las bananas y no se aparte de lo que indica el gráfico. De otra forma, lo repetimos, estropearía el receptor.

NOTA. — Para ensayar este montaje debe sustituirse la resistencia de filtrado de 1.500 Ω de la fuente de alimentación por otra de 12.000 Ω a fin de obtener el valor adecuado para la alta tensión.

lección práctica 5

Receptor a reacción con amplificador de intensidad - Esquema teórico y esquema práctico montaje - Operaciones a seguir.

RECEPTOR A REACCION CON AMPLIFICADOR DE INTENSIDAD

Después de haber montado el más elemental de los receptores a reacción, ha llegado el momento de añadirle un notable perfeccionamiento, factible gracias a las sensacionales posibilidades del triodo de vacío.

En el receptor anterior hemos empleado un triodo para solucionar la detección. Se trataba, como recordará, de un receptor con detección por rejilla, cuya sensibilidad, como era lógico esperar, había resultado bastante reducida, lo mismo que su potencia.

Claro que, una lección atrás, desconocíamos las posibilidades del triodo como elemento de amplificación, cosa que ahora forma parte de nuestra *colección* de conocimientos sobre radio, cada día mayor en cantidad e importancia. Es lógico que nos aprovechemos de las nuevas adquisiciones para ir perfeccionando lo que ha empezado siendo una práctica elemental.

Así, en esta nueva práctica perfeccionaremos nuestro aparato, en el sentido de aumentar la potencia de las señales detectadas para que el auricular reproduzca los sonidos con mayor intensidad. ¿Cómo lo conseguiremos...? Recordemos que la atracción que ejercen las bobinas sobre la lámina del auricular depende de la intensidad de la corriente que por ellas circula. Convendrá, por tanto, aumentar esa intensidad. Añadiremos un amplificador de intensidad. En consecuencia, un nuevo triodo.

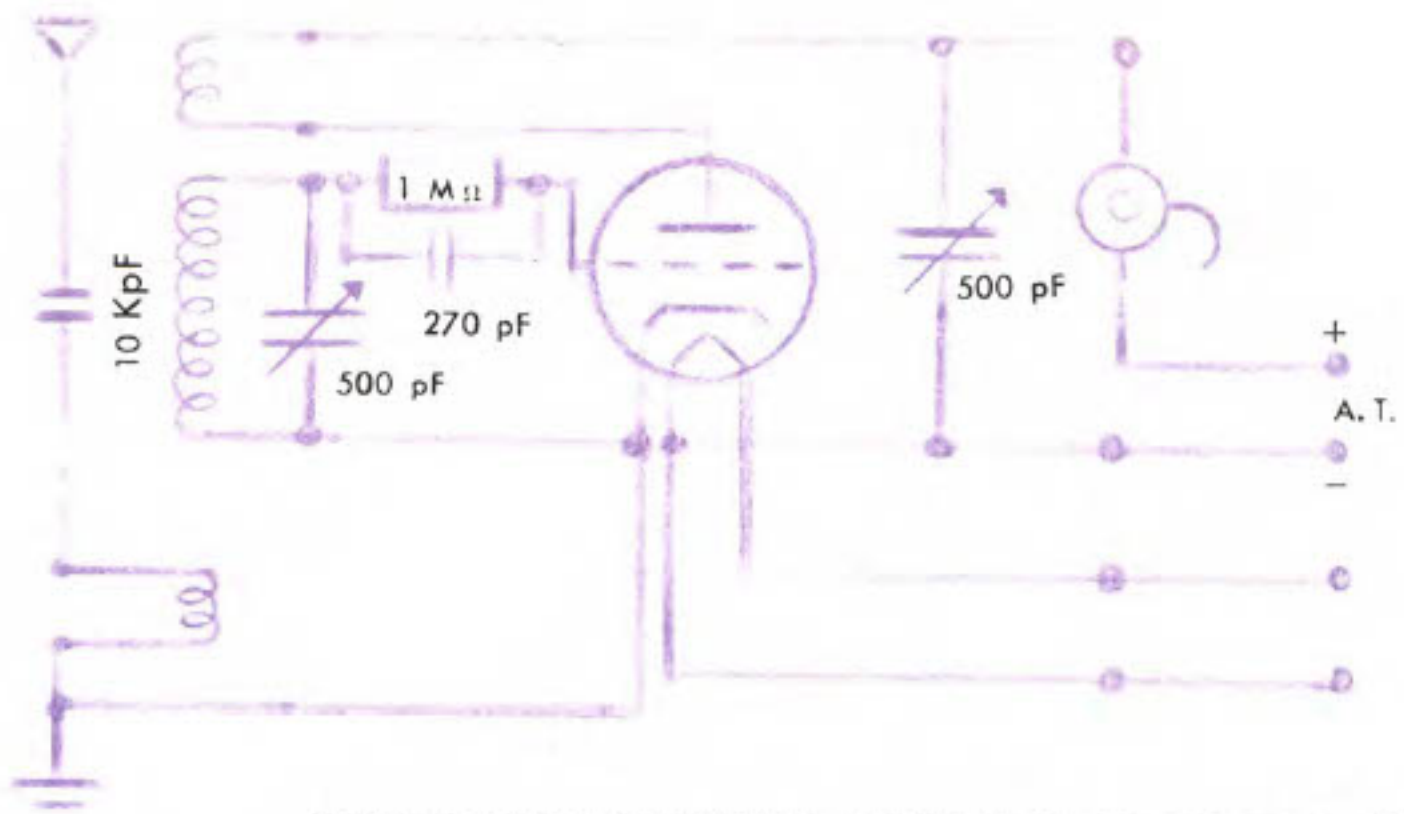
Ahora comprenderá perfectamente por qué, en el receptor simple que montó en la pasada lección, le hacíamos trabajar con una válvula doble triodo. Allí sólo se aprovechó uno de los dos triodos de la válvula. El segundo es precisamente el que ahora va a permitirnos la amplificación de las corrientes que lleguen al auricular, y por tanto aumentar sensibilidad y potencia.

EL ESQUEMA TEORICO

Empecemos recordando el esquema del aparato a reacción que, es de suponer, tiene ya en funcionamiento. A partir de este primer esquema plantearemos la amplificación.

Observe que en el esquema teórico se ha dibujado el símbolo de un triodo, a pesar de trabajar con un doble triodo. Lo hicimos así para conseguir mayor claridad en el esquema, y seguiremos con la misma tónica. Es decir: en vez de estructurar el esquema con el símbolo de un doble triodo, lo haremos como si los dos triodos fuesen válvulas independientes. De esta forma, usted, cuya práctica en la interpretación de esquemas electrónicos forzosamente debe de ser aún limitada, podrá distinguir sin la menor dificultad la etapa detectora y la amplificadora.

Dicho eso, recuerde el esquema de su receptor a reacción.



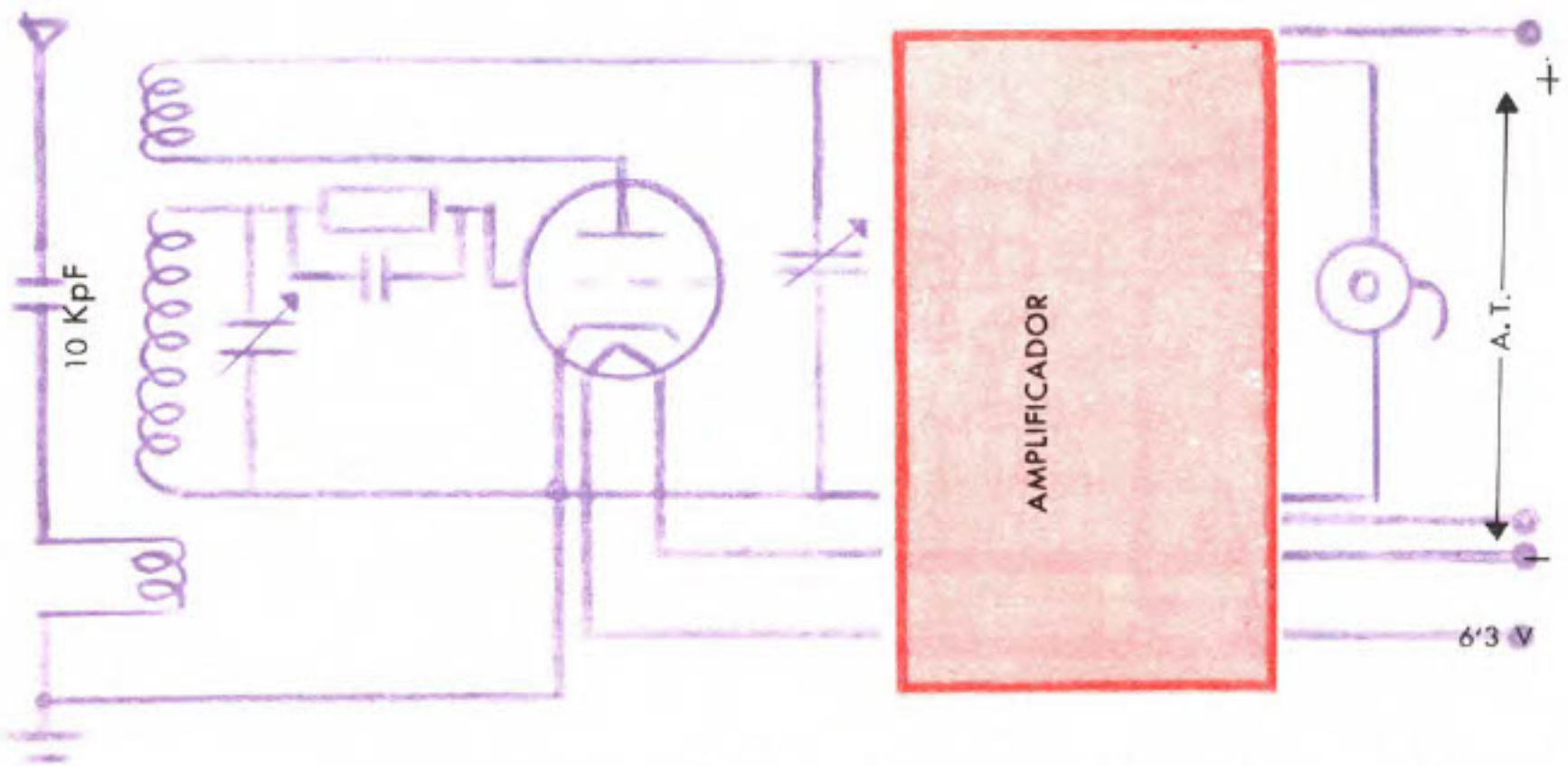
Este es el esquema del receptor a reacción, al que nos proponemos añadir un amplificador de intensidad.

Queremos percibir los sonidos con más potencia; y será el segundo triodo de la ECC82, actuando como amplificador de intensidad, el encargado de complacernos.

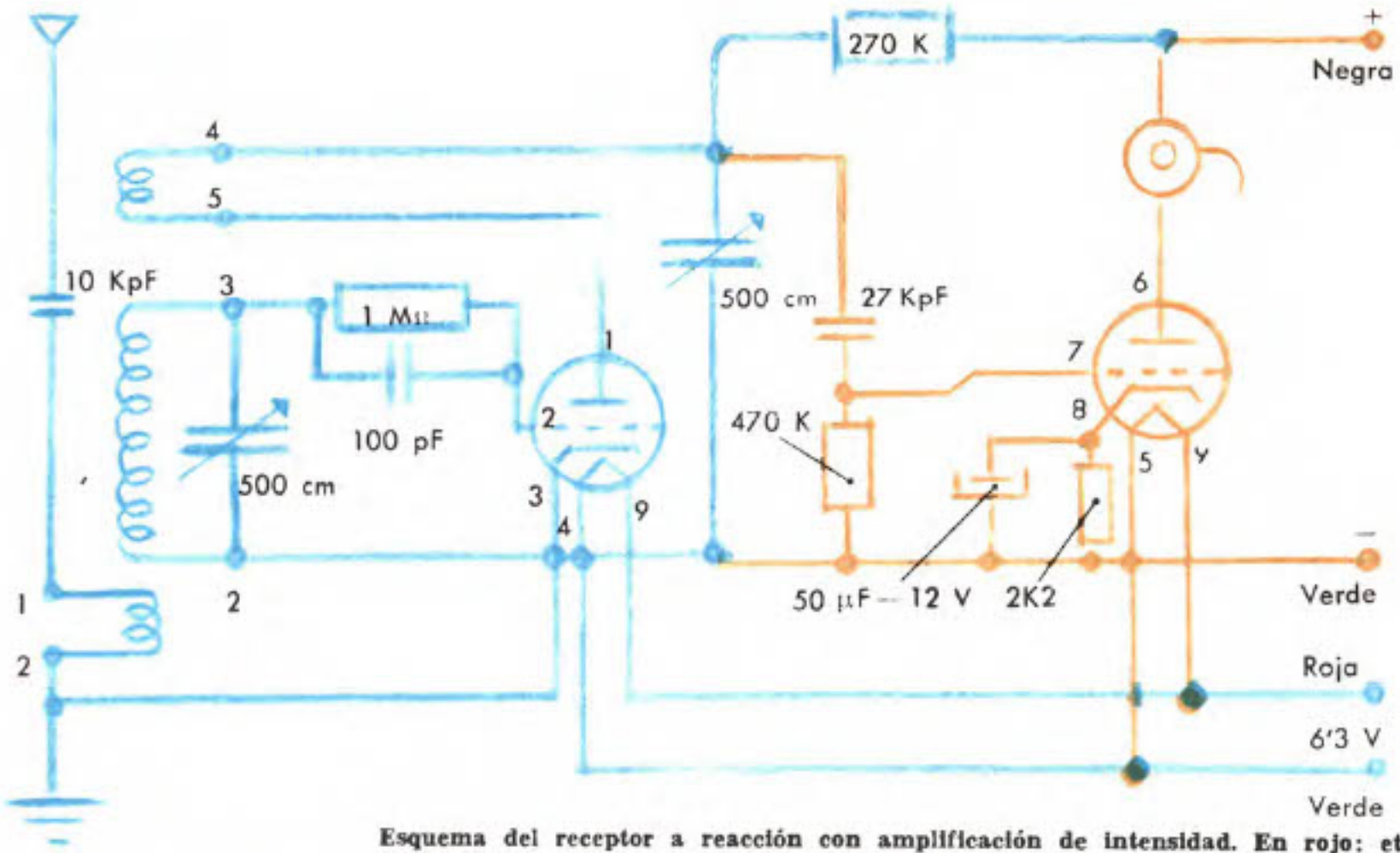
Es, pues, evidente que el amplificador debe quedar entre el receptor a reacción elemental (lo que hemos montado) y el auricular, el que abandonará su actual emplazamiento en el esquema para ocupar el lugar que le corresponde a la salida del amplificador.

En síntesis, nos proponemos hacer lo que simbolizamos en el segundo gráfico de este capítulo.

Y ya, sin más consideraciones, veamos el esquema total de lo que va a ser nuestro receptor a reacción con amplificador de intensidad. El cambio de color le indicará dónde empieza el nuevo circuito; en él podrá descubrir cuál es el material que necesita, aunque preferimos citarlo más adelante, cuando hayamos planteado el esquema práctico del montaje.



El recuadro simboliza el bloque amplificador que debe intercalarse entre la detección y el auricular.



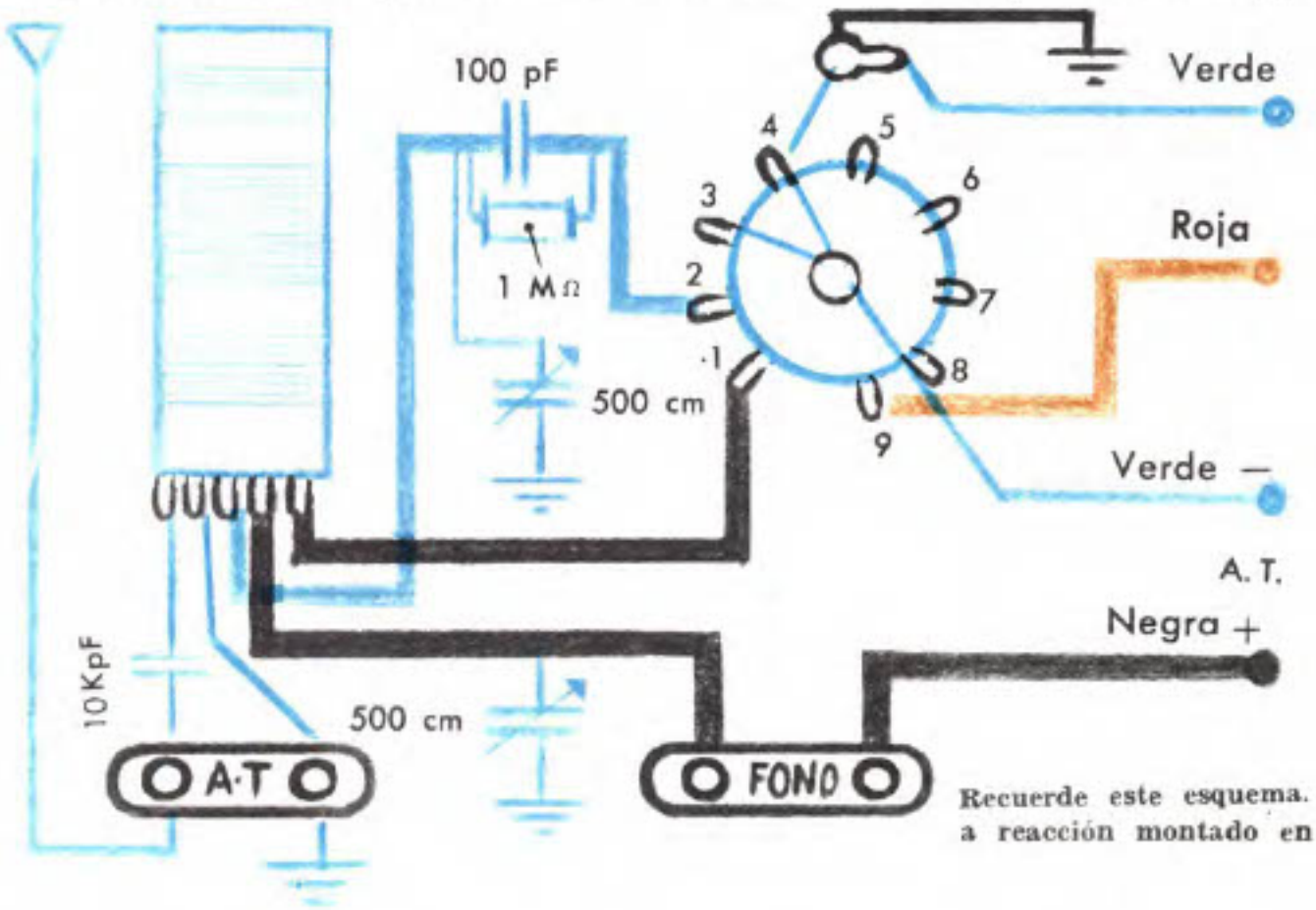
Esquema del receptor a reacción con amplificación de intensidad. En rojo: etapa amplificadora.

EL ESQUEMA PRACTICO

Vamos a repetir lo que hemos hecho con el esquema teórico, pero refiriéndonos ahora al esquema práctico. Es decir: veremos de nuevo el esquema práctico del receptor a reacción elemental y sobre él trazaremos el montaje del amplificador.

Aquí los dos triodos del esquema teórico se han convertido ya en una válvula triodo, la ECC82. En la práctica 14, el receptor funcionaba con un solo triodo; el auricular se aplicaba directamente a la salida de la detección, misión encomendada a uno de los triodos, que en el esquema aparece conexionado al circuito por las patas 1, 2, 3, 4 y 9.

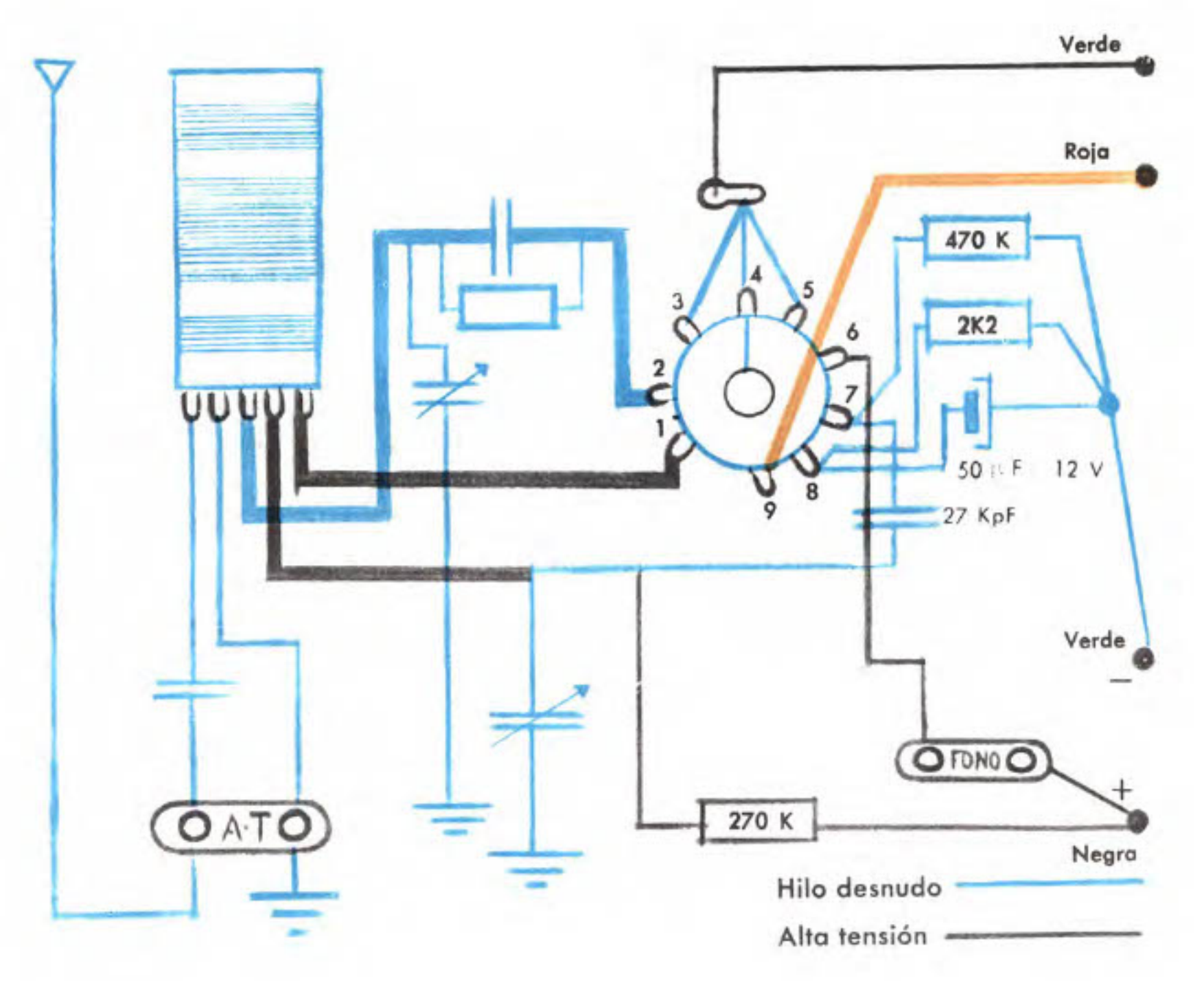
La parte amplificadora, pues, corresponderá al triodo cuyas patas son las 5, 6, 7, 8 y 9 del zócalo, correspondientes a filamento, placa, rejilla, cátodo y filamento respectivamente.



Recuerde este esquema. Es el receptor elemental a reacción montado en la práctica anterior.

Sigamos:

La adición del amplificador nos obliga a efectuar una serie de modificaciones del montaje, que, naturalmente, debemos estudiar primero sobre el esquema práctico. Tales modificaciones representan en la práctica desoldar algunas de las conexiones anteriores para ajustarlas a las exigencias del nuevo circuito. Veámoslo todo con absoluto detalle, iniciando el análisis que ello representa con el dibujo del esquema práctico. En el gráfico correspondiente se ha trazado con un tono más pálido la parte del montaje perteneciente al receptor anterior que no sufrirá variaciones en esta nueva práctica. Como se trata de un circuito conocido renunciamos al empleo de colores, reservándolos para la parte del circuito amplificador y para las modificaciones acusadas por el montaje ya existente. Vea el gráfico y analícelo.



En este gráfico aparece todo el esquema del receptor con amplificación de intensidad.

A partir de este esquema podemos hacer la lista del material que vamos a necesitar para el perfeccionamiento de nuestro primer receptor a reacción. Se reduce todo a resistencias y condensadores, cuyos valores hemos anotado en el propio esquema práctico.

Amarillo
Violeta
Amarillo

Una resistencia de 470 KΩ (carbón)

Rojo
Rojo
Rojo

Una resistencia de 2.200 Ω (carbón)

Rojo
Violeta
Amarillo

Una resistencia de 270 KΩ (carbón)

Un condensador electrolítico 50 μF 12 v.

Un condensador poliester 27 KpF.

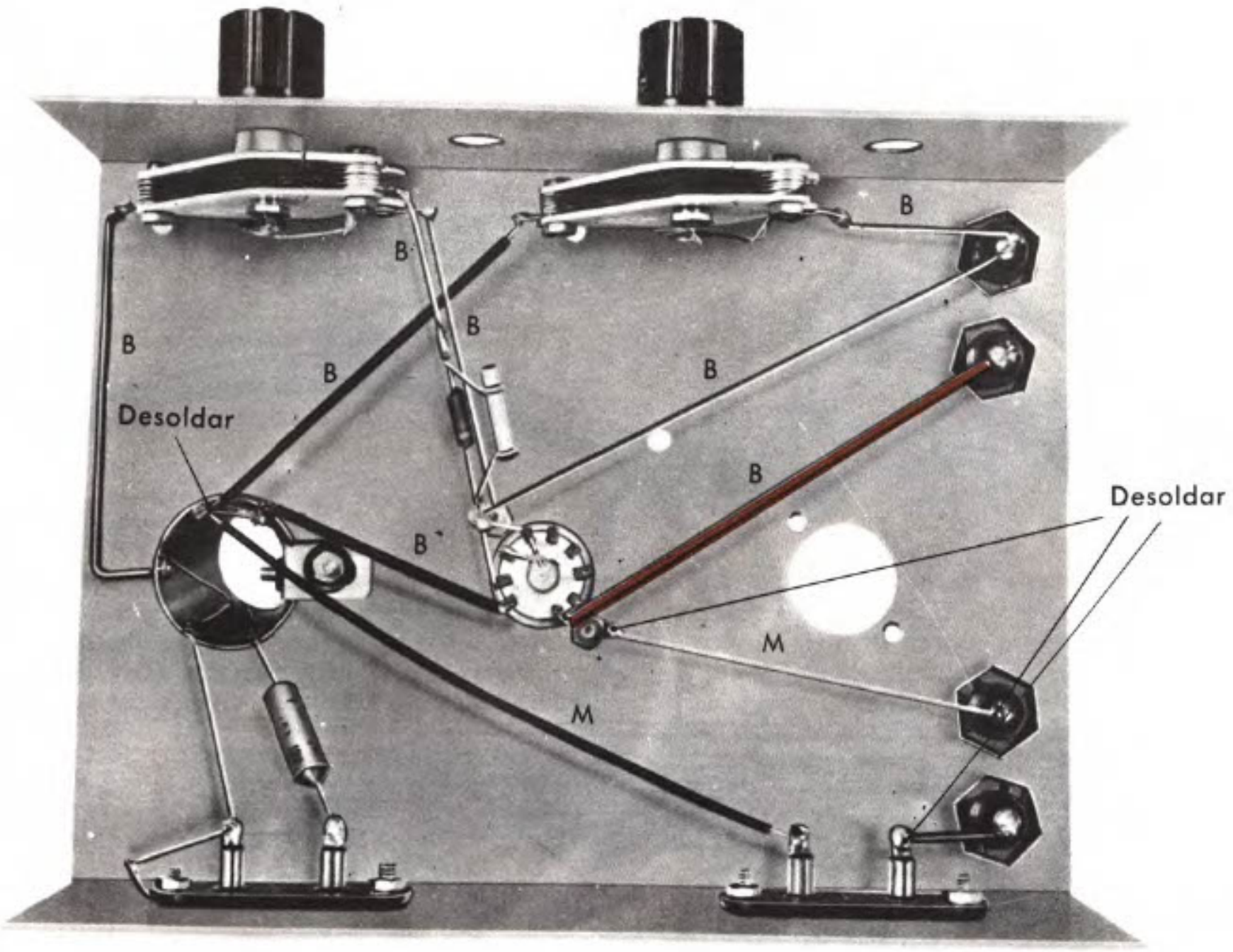
Facilitamos la notación por código de colores correspondiente al valor de las resistencias. Conviene que se vaya familiarizando con este sistema de identificación.

EL MONTAJE

Pasemos del esquema a la realidad.

Lo primero que le recomendamos es que haga un estudio comparativo entre el esquema del receptor con amplificación que le hemos proporcionado (esquema práctico) y el montaje que usted realizó anteriormente. Se trata, en definitiva, de mirar sobre el terreno cuáles son las conexiones que debemos considerar intocables (porque seguirán exactamente igual) y cuáles las que van a desaparecer para atender a las modificaciones que exige la adición del circuito amplificador. Compare, pues, el esquema con su montaje y llegue a nuestras mismas conclusiones.

Recuerde que hemos impreso con una tonalidad pálida lo que respetamos del montaje de la lección 14.



En este grabado dejamos anotados cuáles son las conexiones que permanecerán en el nuevo montaje y cuáles son las que debemos suprimir. Señalamos con una B las conexiones que no deben tocarse (buenas) y con una M las que deben suprimirse (malas). Dos son las conexiones que debemos eliminar; véalas, como se ha dicho, señaladas con una letra M.

PRIMERA OPERACION

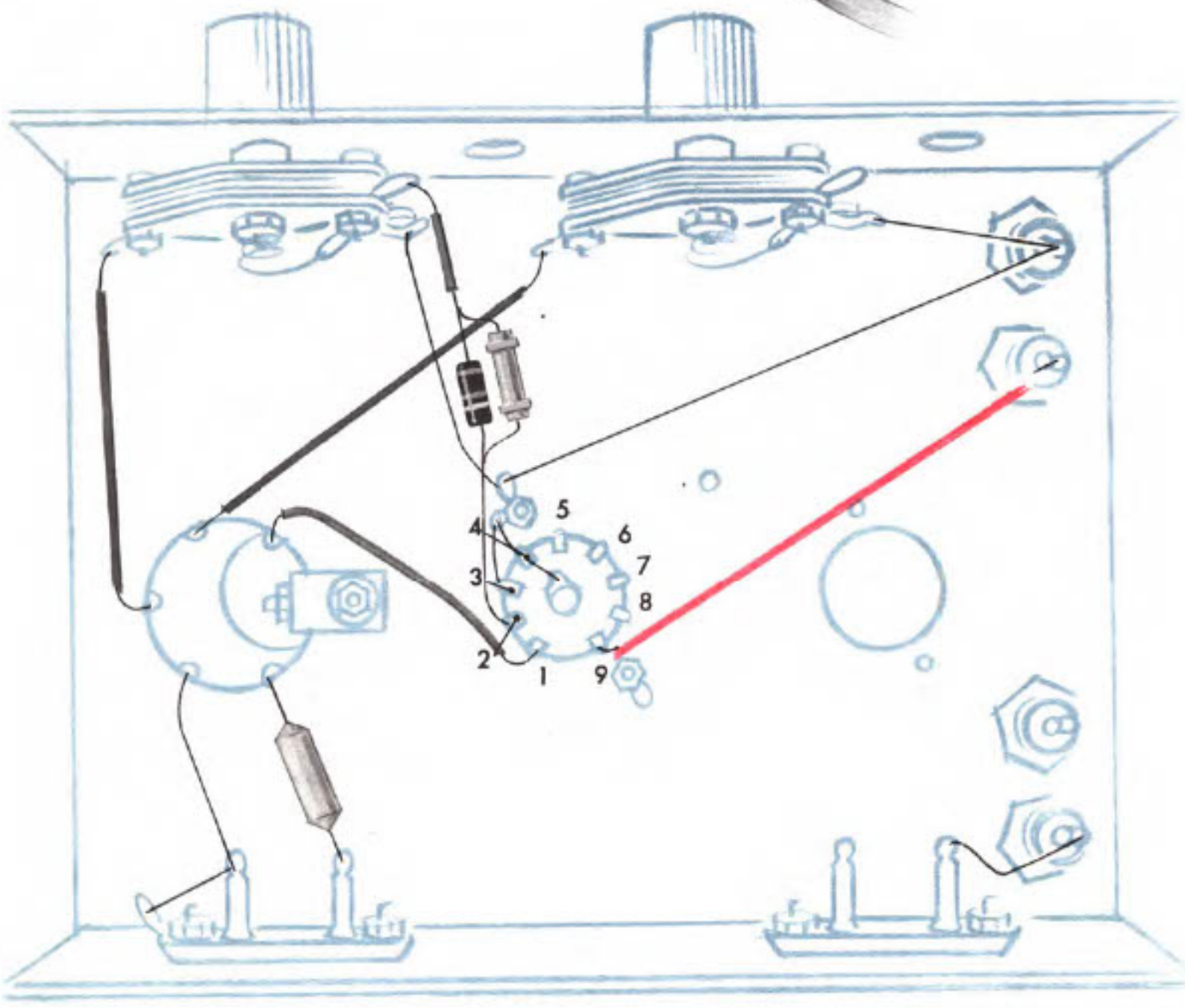
Supresión de las conexiones sobrantes

Es de suponer que habrá tenido la precaución de sacar la válvula de su zócalo. No empiece a hurgar en el aparato sin haberlo hecho; es elemental.

Una vez la válvula en lugar seguro, ya puede enchufar el soldador; espere que se haya calentado lo suficiente y, sujetando el hilo que debemos separar por las inmediaciones del punto de soldadura con unos alicates de punta, aplicaremos el soldador sobre él. Cuando funda el estaño, bastará un ligero tirón con los alicantes para dejar libre el extremo del hilo que arrancamos del montaje. Como habrá observado, son cuatro las soldaduras que debemos eliminar para la modificación del receptor.

Cuando opere sobre el terminal 4 de la bobina, tenga presente que en él quedan sujetos dos hilos; uno bueno y otro malo. Actúe con la pericia necesaria para desoldar el que debe desaparecer sin que salte el otro. Claro que esto depende de muchas cosas; y suponiendo que salten los dos cabos del terminal, siempre existe la posibilidad de volver a soldar el cabo que necesitamos mantener sobre la bobina.

Desoldando una conexión. Mientras se aplica la punta del soldador sobre el estaño a derretir, los alicates tiran del hilo en el sentido y dirección que se considere más conveniente.



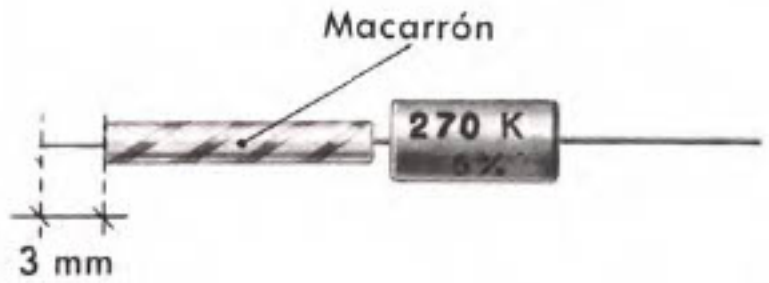
Una vez eliminadas las conexiones sobrantes, el receptor alambrado en la práctica anterior debe quedar como demuestra este gráfico. En estas condiciones podemos empezar el alambrado del amplificador.

SEGUNDA OPERACION

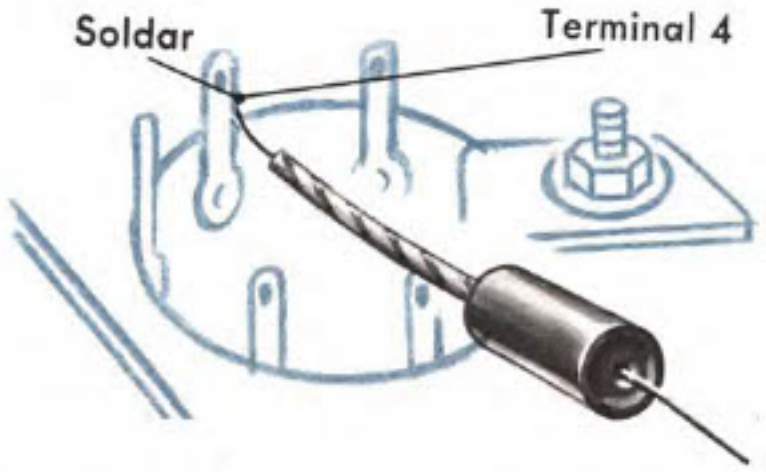
Conexión de la resistencia de 270 K

Debe situarse entre el terminal 4 de la bobina y la hembrilla negra de alta tensión.

Empiece por enderezar los dos terminales de la resistencia y pase uno de ellos por el interior de un trozo de macarrón que lo cubra enteramente, excepción hecha de sus dos o tres milímetros extremos que necesitamos para efectuar la soldadura. Suelde, pues, este extremo al terminal 4 de la bobina, cuidando, claro, de que no salte el hilo que tiene sujeto a él.



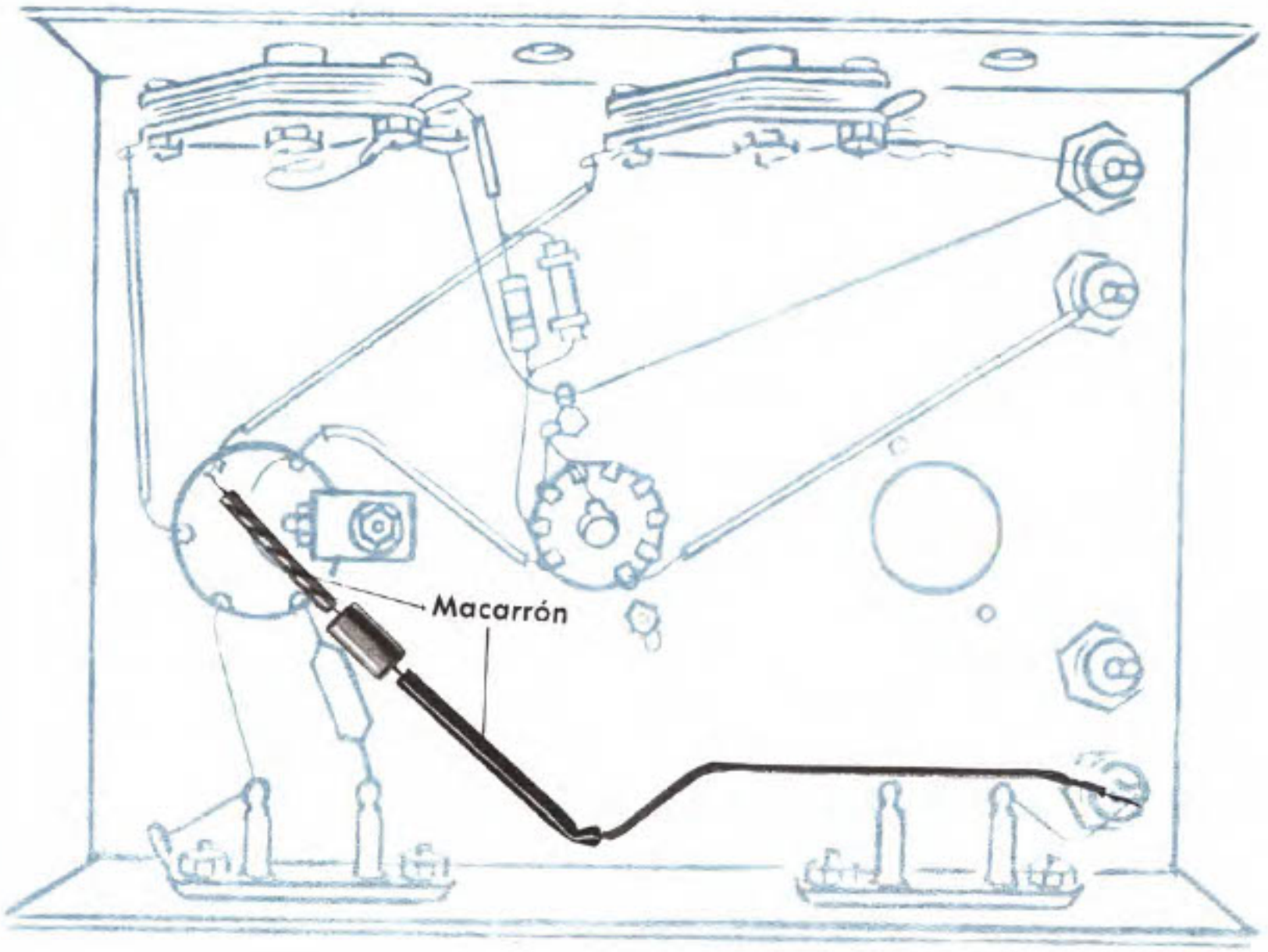
Prepare la resistencia tal y como se demuestra en este gráfico.



Acto seguido, y con hilo negro, alargue el terminal de la resistencia que queda libre. El hilo negro puede ser el mismo que antes ha desoldado.

Conviene sobremanera que esta resistencia no pueda *hacer masa*. Es decir; debemos evitar que sus terminales puedan tocar el chasis; la solución está en proteger este tramo de hilo desnudo con un trozo de macarrón.

En definitiva, la conexión que estudiamos debe quedar como se indica gráficamente.



Así debe quedar la conexión entre la hembrilla negra de A.T. y el terminal 4 de la bobina de reacción.

TERCERA OPERACION

Conexiones a placa, rejilla y cátodo del triodo amplificador

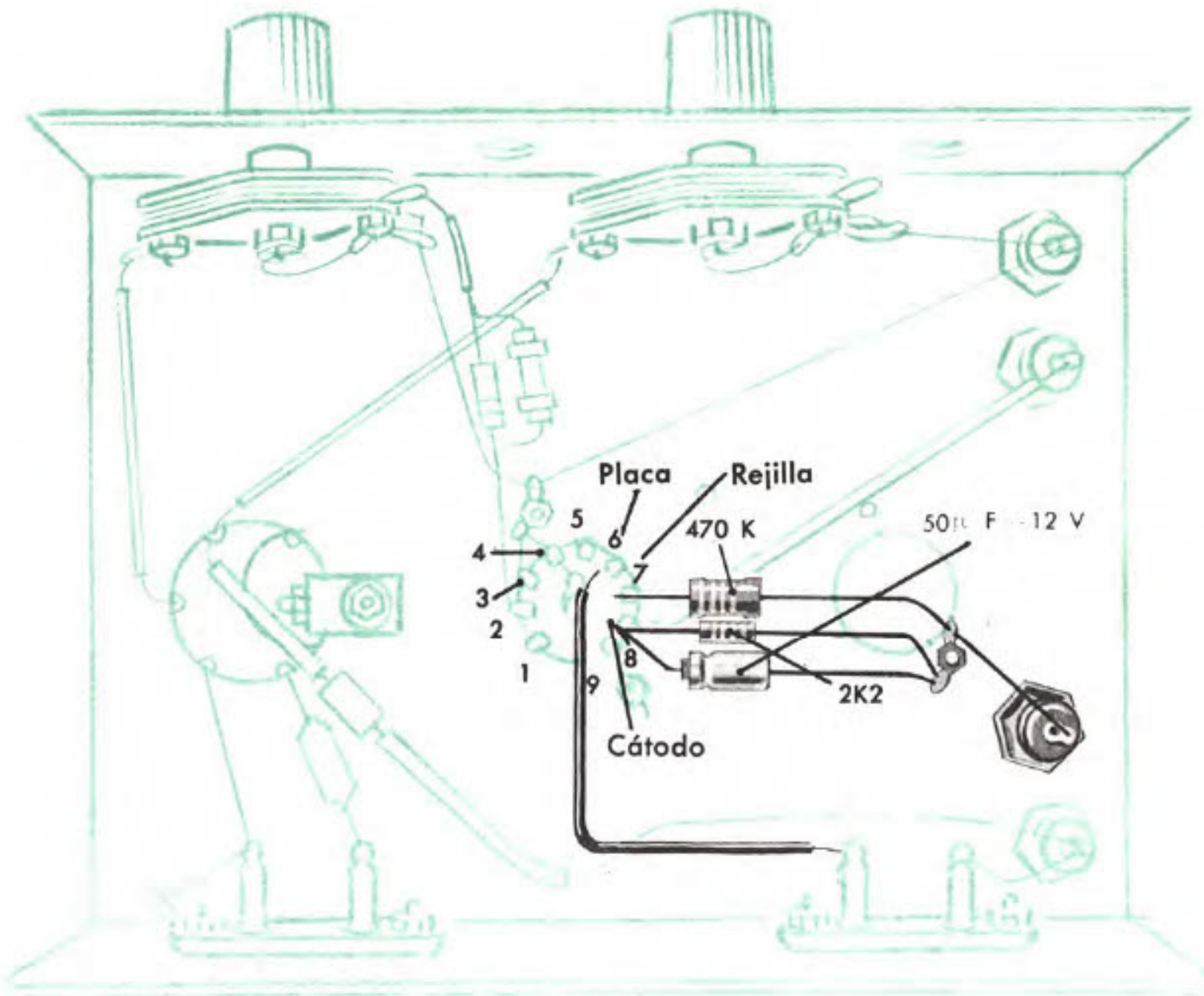
Sabemos que los terminales de placa, rejilla y cátodo para el segundo triodo de la ECC82 corresponden a las patillas 6, 7 y 8 respectivamente.

De acuerdo con el esquema, debemos llevar un hilo negro desde la patilla 6 (placa) a la entrada del auricular (terminal de la placa de FONO); con ello y las conexiones a cátodo habremos completado el circuito de placa de la etapa amplificadora.

Las conexiones a cátodo, como podemos ver en los esquemas, se establecen desde la masa de A.T. (hembrilla verde) a la patilla 8 del zócalo, intercalando una resistencia de 2K2 Ω y un condensador electrolítico de 25 μF 12 V conexionados en paralelo.

Puesto que ambos componentes deben unirse a la masa, resultará práctico situar un terminal a masa cerca de la hembrilla verde de A.T., donde poder soldar uno de los extremos de la resistencia y del condensador.

Desde la patilla 7 (rejilla) a este mismo terminal, que puede ser doble para mayor comodidad, intercalamos una resistencia de 470 KΩ, como se especifica en el esquema.



Conexiones correspondientes a placa, rejilla y cátodo del triodo amplificador. Las tomas de masa se han efectuado sobre el nuevo terminal doble T, sujeto al chasis por medio de un tornillo con tuerca. De la hembrilla verde al terminal establecemos la oportuna conexión con hilo desnudo.

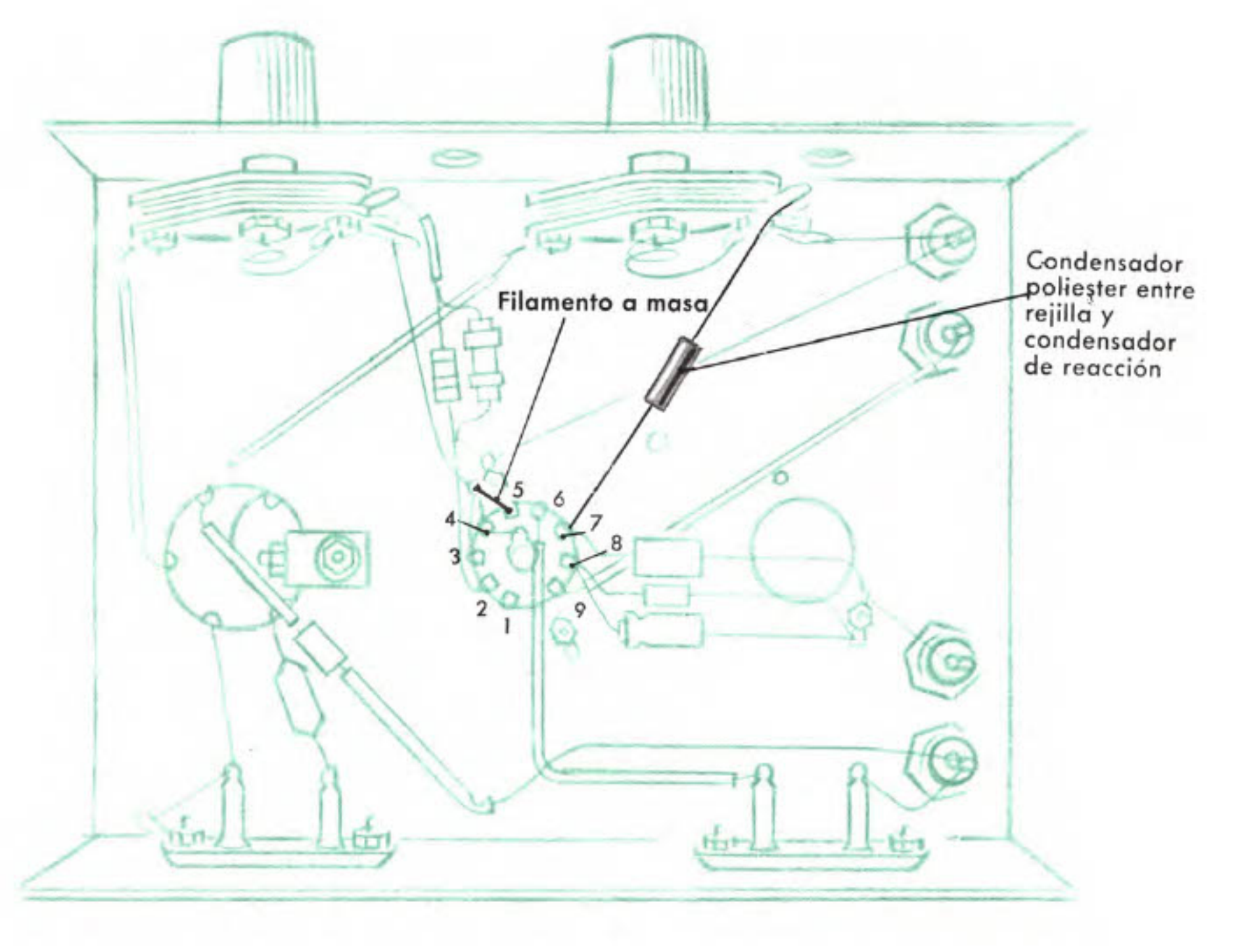
CUARTA OPERACION

Ultimas conexiones

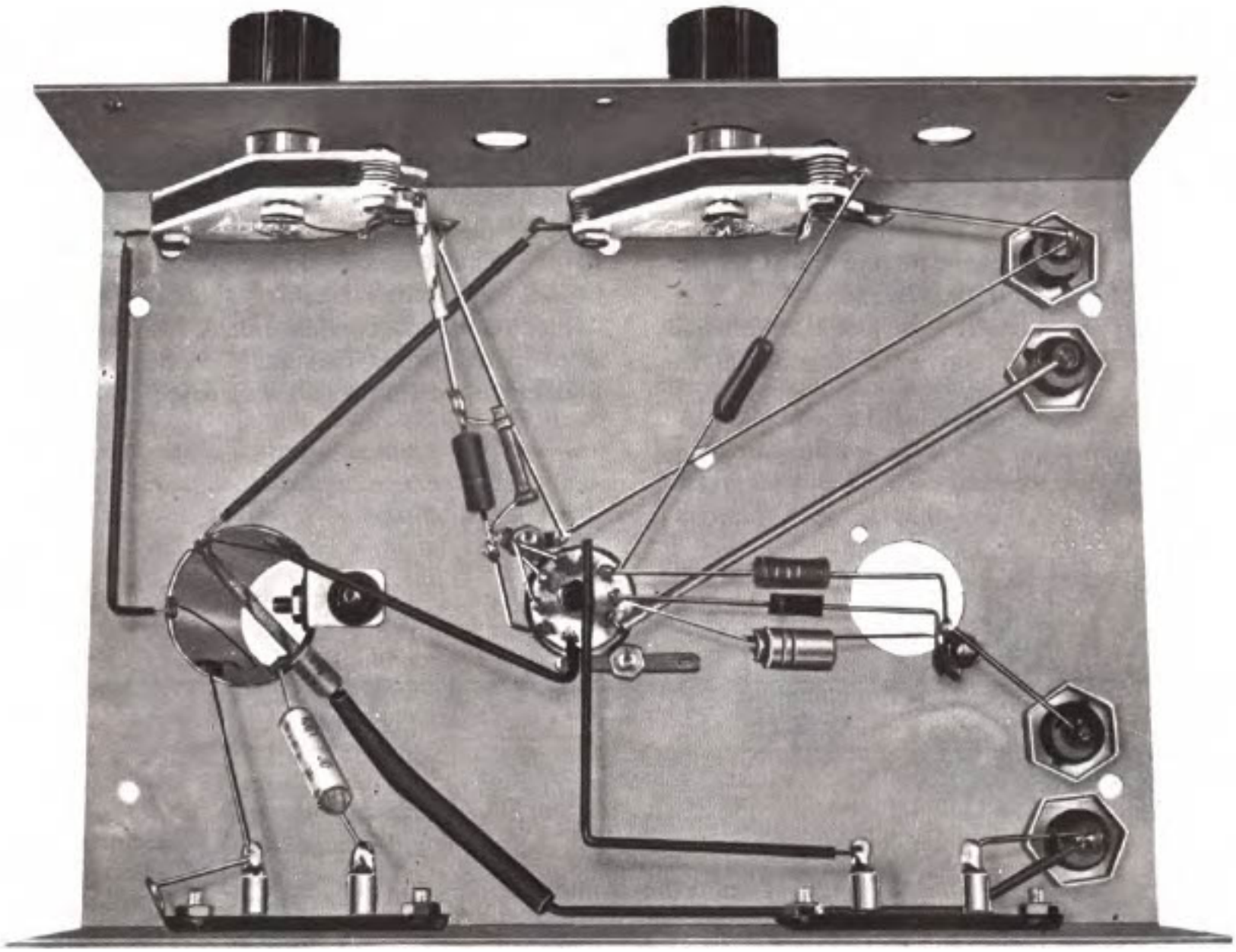
Queda muy poco por hacer: concretamente falta establecer la conexión de filamento entre la patilla 5 del zócalo y la masa y conexionar un condensador de 27 K_pF entre la reja (patilla 7 del zócalo) y el condensador de reacción.

Hecho esto, puede decir que tiene alambrado un receptor a reacción con amplificador de intensidad.

Naturalmente, las conexiones con la fuente de alimentación siguen siendo las mismas. Insistimos sobre el cuidado que debe poner en no equivocar tales conexiones, evitando que las hembrillas que deben recibir la baja tensión de la fuente reciban la corriente de A.T. Si incurriese en este error, ¡adiós válvulas! Cuente con que los filamentos se fundirán en el acto.



Con la unión a masa del filamento del triodo amplificador (patilla 5 del zócalo) y la conexión del condensador de 27 KpF entre la rejilla y el condensador de reacción, hemos completado el montaje.



Para mayor claridad añadimos una fotografía del circuito completo. Compare con ella el montaje que acaba de realizar.

UNA ADVERTENCIA FINAL

Usted, nos parece lógico, a medida que ha añadido componentes al circuito se ha ido preguntando: ¿por qué?

Digamos, pues, algunas palabras acerca del papel que juega cada uno de los elementos que hemos utilizado en el amplificador.

Según decíamos en RADIOTECNIA, cuando se pretende amplificar las señales procedentes del detector es conveniente sustituir el auricular por un grupo RC, intercalado entre la placa y el borne positivo de A.T. de forma que la señal fuese, entre sus extremos, de B.F. desprovista de los picos de A.F.

Pues bien; esta misión la cumplen la resistencia de 270 KΩ y el propio condensador de reacción.

Esta misma resistencia (270 KΩ) cumple además con la función de convertir en variaciones de tensión las variaciones de intensidad procedentes del circuito detector; transformación que, según dijimos, es imprescindible para utilizar un triodo como amplificador de intensidad. Fíjese en que es en esta resistencia donde ocurre el fenómeno y no en la de 470 KΩ, como puede parecer a simple vista.

Nada hemos dicho todavía de la función desempeñada por la resistencia de 2.200 Ω y el condensador de 50 μF. Bástele saber, por ahora, que sustituyen a la batería B_c de polarización de rejilla.

Tampoco se ha dicho nada acerca del cometido de la resistencia de 470 KΩ y del condensador de 27 KpF. Su misión, que encontrará explicada en próximas lecciones, consiste en impedir que llegue al segundo triodo la componente continua de la señal, permitiendo sólo el paso de la componente alterna, que es la única que interesa amplificar.

lección práctica 6

ANALISIS DE TENSIONES E INTENSIDADES EN EL CIRCUITO DEL RECEPTOR A REACCION

Después de tantas lecciones prácticas estudiadas soldador en mano, bueno será que descansemos un poco de eso de los montajes para dedicarnos a otro quehacer importante: analizar las tensiones más características en un circuito de radio, el que, como es natural, para empezar, será el de nuestro receptor a reacción cuyo montaje hemos estudiado.

Comprobar tensiones e intensidades es algo primordial para el radiotécnico; y usted, que, según es lógico pensar, dispone de un téster, debe acostumbrarse a este tipo de operaciones.

Dedicaremos, pues, este capítulo a efectuar una serie de mediciones (tensiones de placa, de filamentos, de cátodo; intensidades entre distintos puntos del circuito...) que nos indicarán el comportamiento eléctrico del circuito y que nos servirán de pauta para proceder correctamente ante casos similares, cuando el estudio de receptores más complicados nos obligue a comprobar medidas críticas para su buen funcionamiento.

Saber medir magnitudes eléctricas tiene mucha importancia; pero en general no se requiere mucha literatura para explicar la forma de proceder. Por otra parte, usted posee ya un conocimiento del téster lo suficientemente profundo para que con pocas referencias podamos darle una idea cabal y completa de las particularidades que exige cada una de las mediciones que verá efectuadas a continuación, y que usted, como buen estudiante, repetirá por su cuenta.

Ante todo, tiene una fotografía en la que aparece el receptor que se analiza, visto por su parte interior, así como las puntas de prueba situadas sobre los puntos del circuito entre los cuales existe la tensión que nos interesa medir o entre los que circula la corriente cuyo amperaje deseamos comprobar. También aparece el téster con las bananas situadas en las hembrillas idóneas.

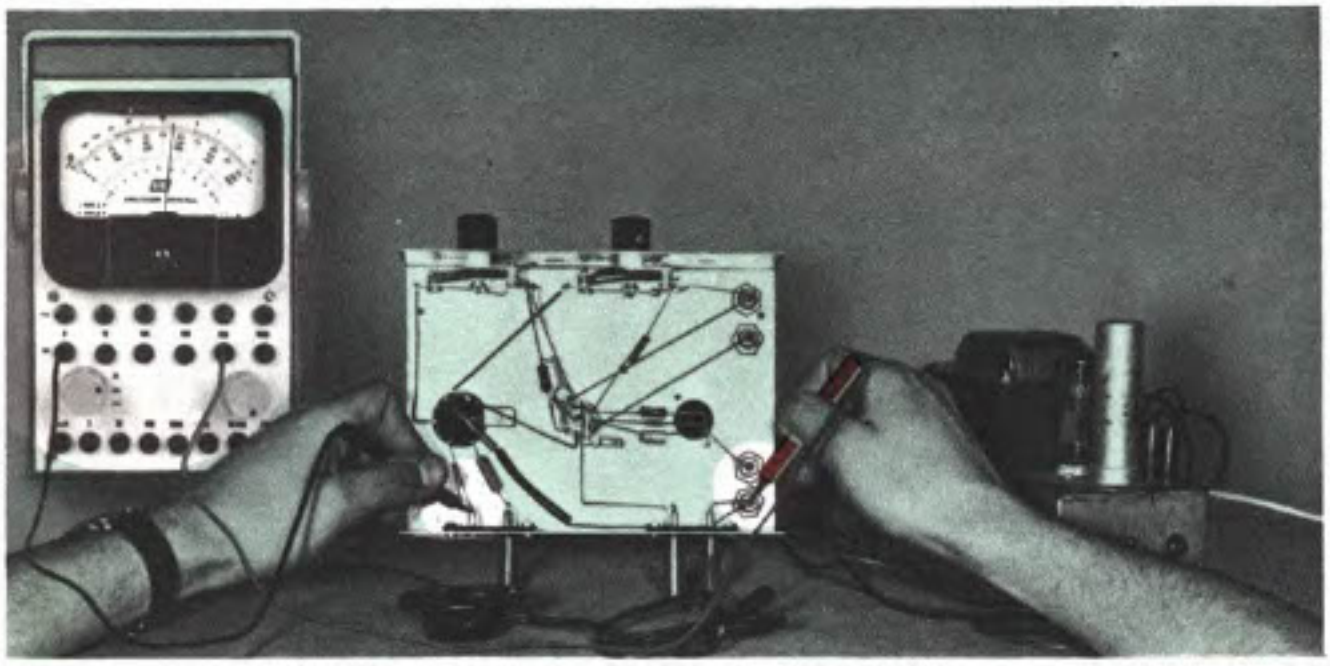
Luego, añadimos la parte del esquema que interesa a nuestra medición, acompañada de los datos necesarios para conseguir una lectura correcta: posición del conmutador del téster, de la banana roja, de la negra, posición de las dos puntas de prueba (negra y roja) y, finalmente, la lectura que nos da la escala del instrumento como resultado de lo anterior.

Estamos seguros de que con todo ello le habremos proporcionado la ayuda que necesita por ser la primera vez que lo lanzamos a una práctica de esta naturaleza. Con esta seguridad por delante, no tenemos nada más que decir. Vea, pues, las comprobaciones de voltajes y amperajes que deseamos que realice.

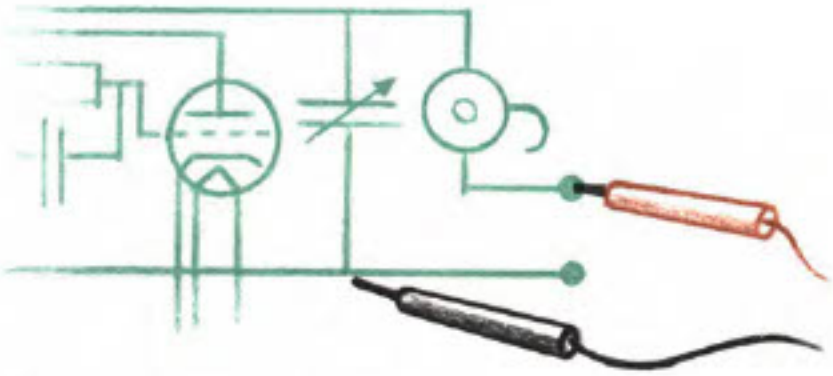
Conecte el receptor, ponga en su mínima capacidad (abierto del todo) el condensador de reacción, cierre del todo el condensador de sintonía y empiece a efectuar las mediciones que indicamos. Tenga en cuenta que es muy posible que obtenga valores algo diferentes, pues dependen en mucho de la tensión alterna de la red de suministro, que en general fluctúa bastante.

PRIMER RECEPTOR

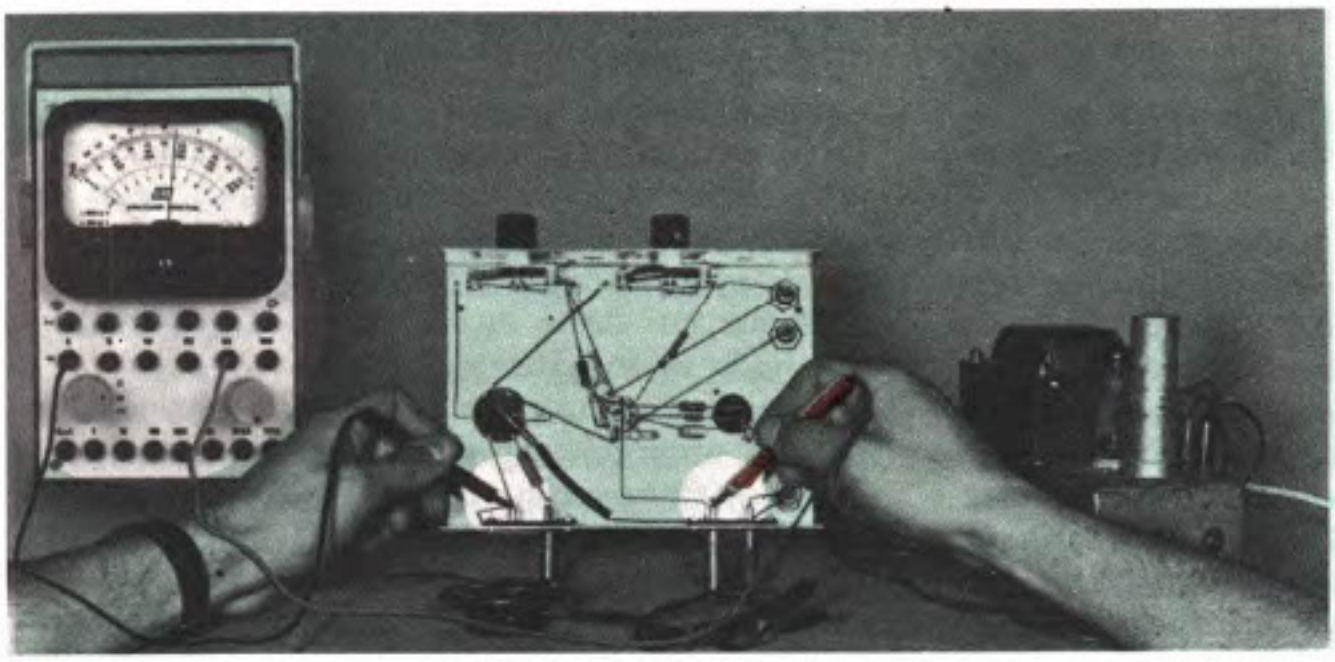
PRIMERA MEDICION - Valor del voltaje de alta tensión



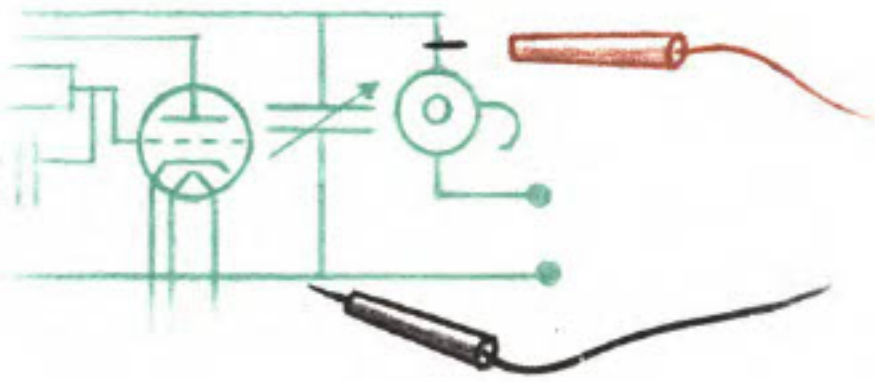
Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 V =.
Banana roja: en 200 V =.
Punta de prueba negra: en contacto con el chasis (masa).
Punta roja: en contacto con el terminal de las hembrillas negra de AT (+).
La lectura es: 150 V =.



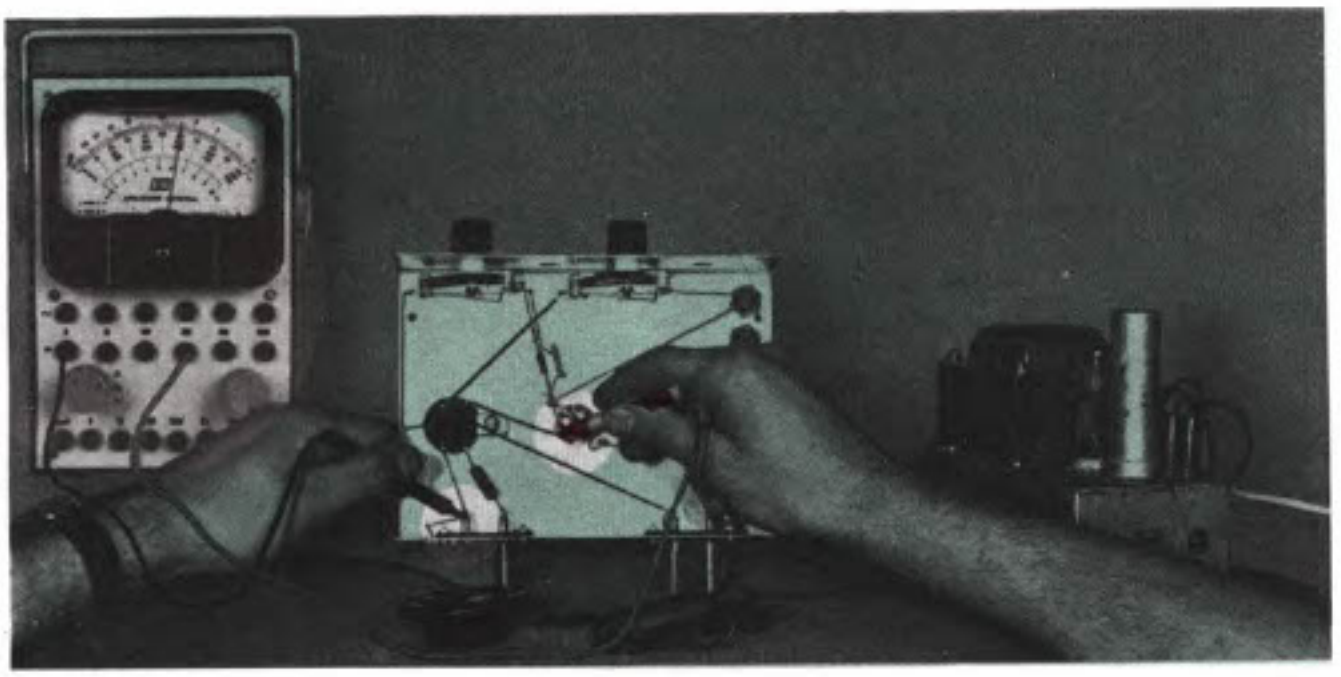
SEGUNDA MEDICION - Tensión a la salida del auricular

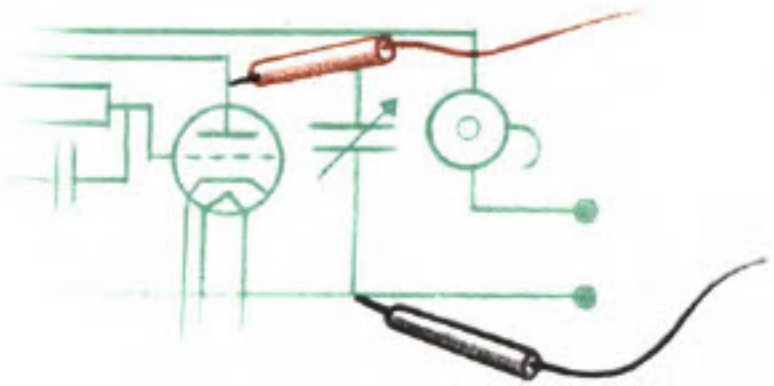


Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 V =.
Banana roja: en 200 V =.
Punta negra: a masa (en contacto con el chasis).
Punta roja: a la salida del auricular.
La lectura es de 142 V =.



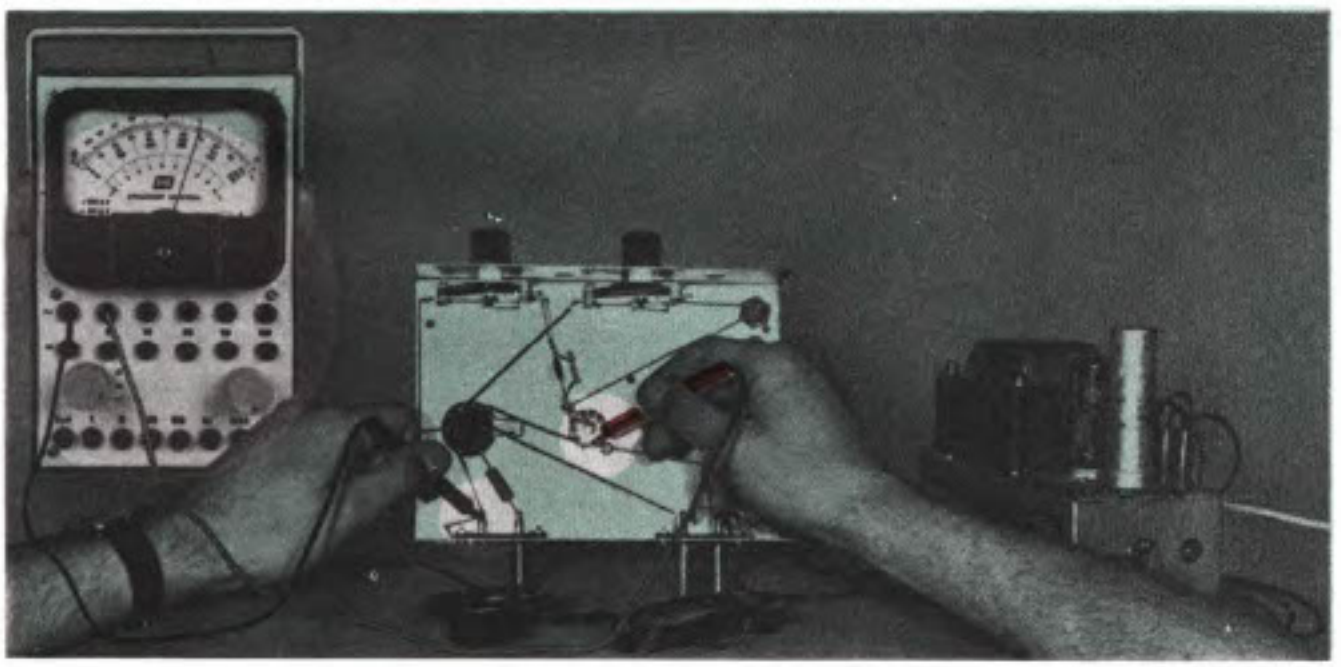
TERCERA MEDICION - Tensión de placa

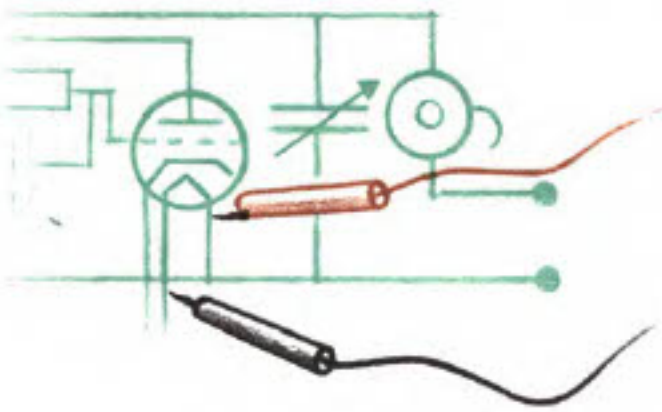




Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 V =.
Banana roja: en 200 V =.
Punta negra: a masa, en contacto con el chasis.
Punta roja: en contacto con la patilla 1 (placa del zócalo de la válvula.
La lectura es de 142 V =.

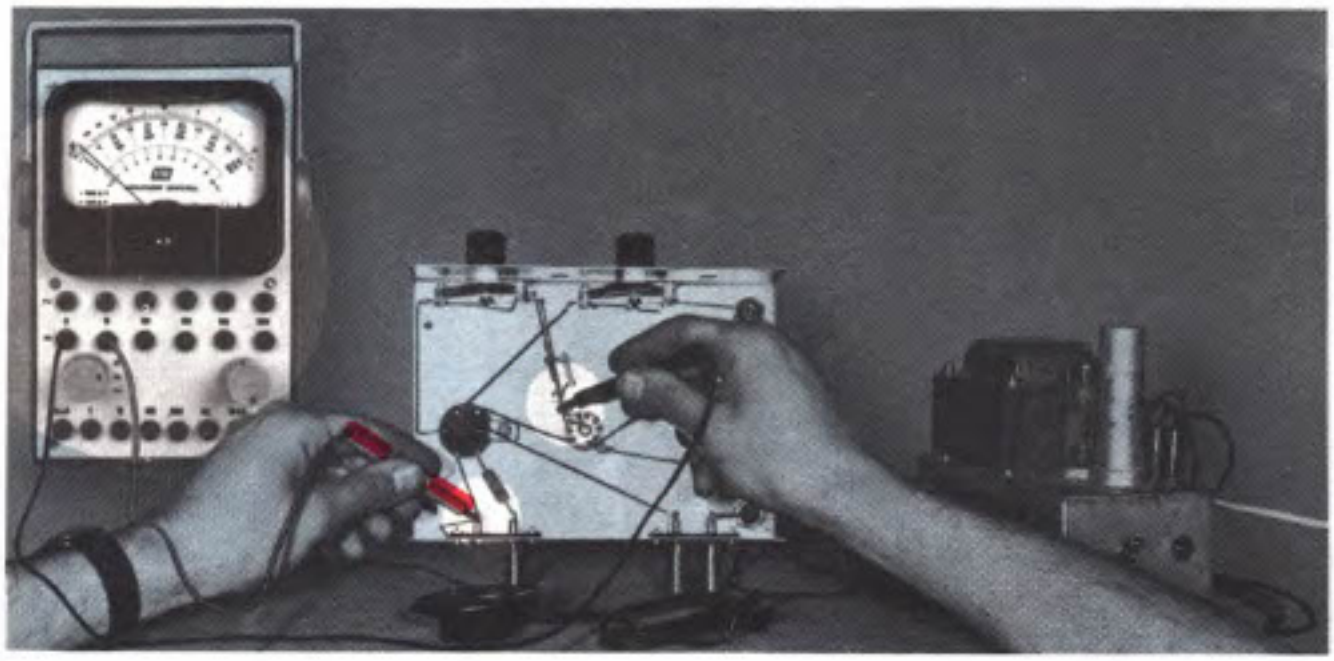
CUARTA MEDICION - Tensión de filamento



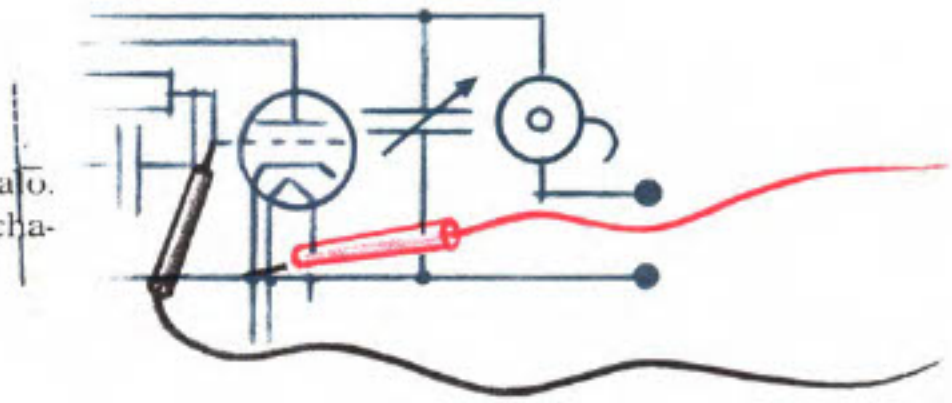


Conmutador en posición ~, por tratarse de una tensión alterna.
Banana negra: en 0 V =.
Banana roja: en 10 V.
Punta negra: en contacto con el chasis; a masa.
Punta roja: en contacto con la patilla 9 (filamento) del zócalo.
La lectura será de 7 V ~.

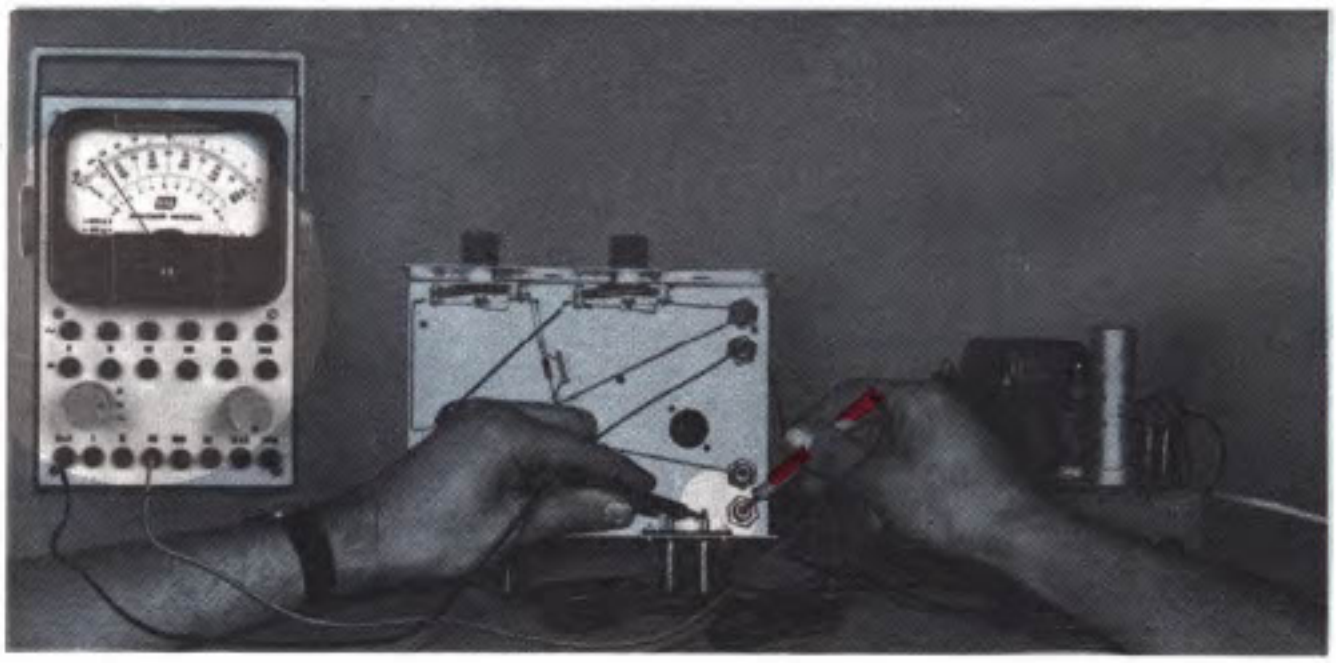
QUINTA MEDICION - Tensión negativa de rejilla



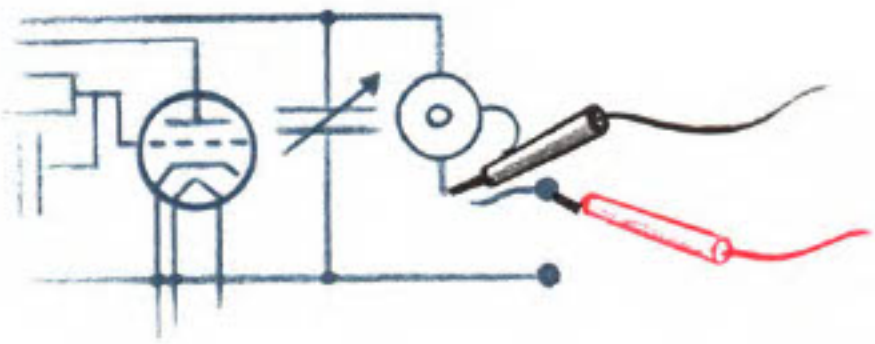
Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 V =.
Banana roja: en 10 V.
Punta negra: sobre la patilla 2 (rejilla) del zócalo.
Punta roja: a masa, haciendo contacto con el chasis.
DEBE MARCAR UNA LIGERA TENSIÓN NEGATIVA.



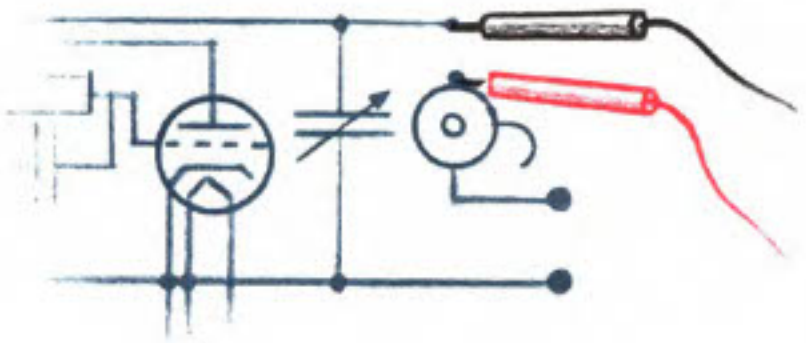
SEXTA MEDICION - Intensidad total a través del circuito



Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 mA.
Banana roja: en 100 mA.
Punta negra: en un terminal de la placa FONO.
Punta roja: en el terminal de la hembrilla negra de AT (+).
LA LECTURA SERÁ DE 13 mA.

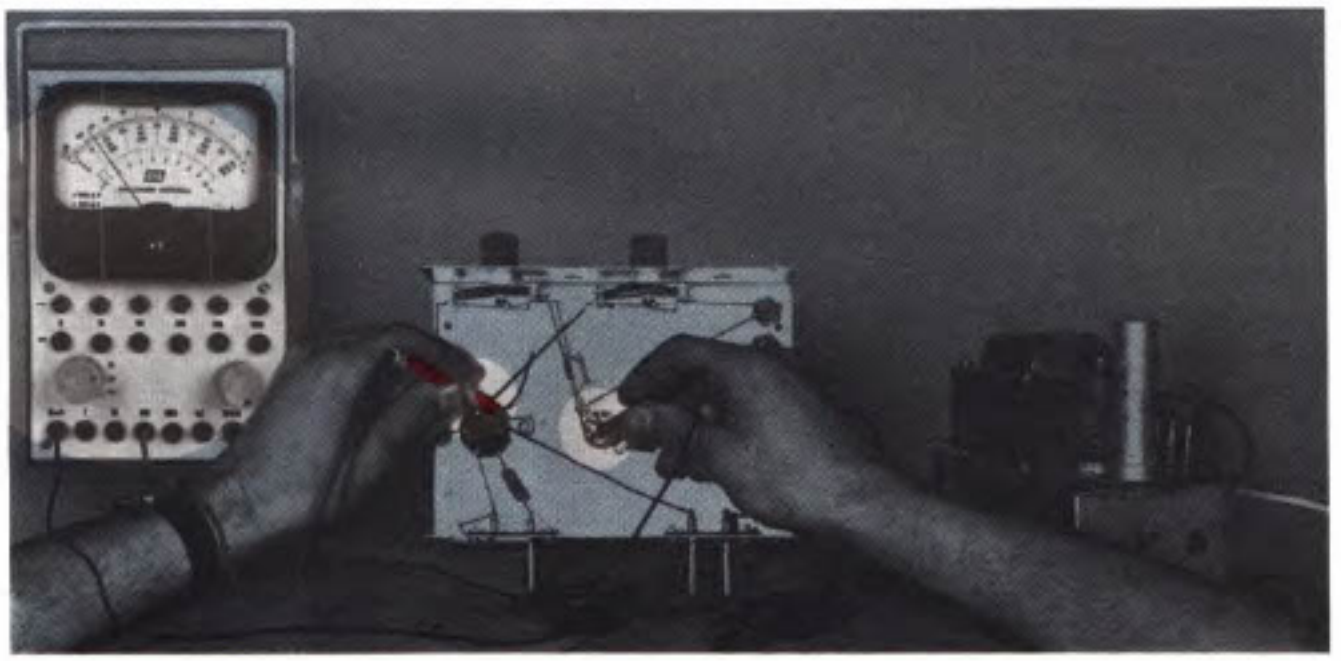


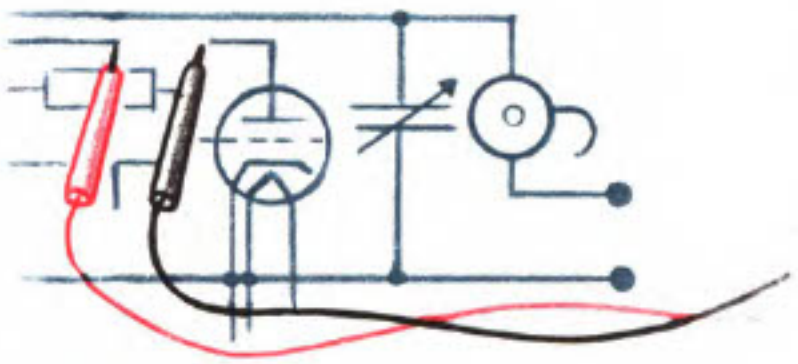
SEPTIMA MEDICION - Intensidad entre la placa y la salida del auricular



Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 mA.
Banana roja: en 100 mA.
Punta negra: haciendo contacto con el terminal 4 de la bobina.
Punta roja: a la salida del auricular, en la plaquita FONO.
LA LECTURA SERÁ DE 13 mA.

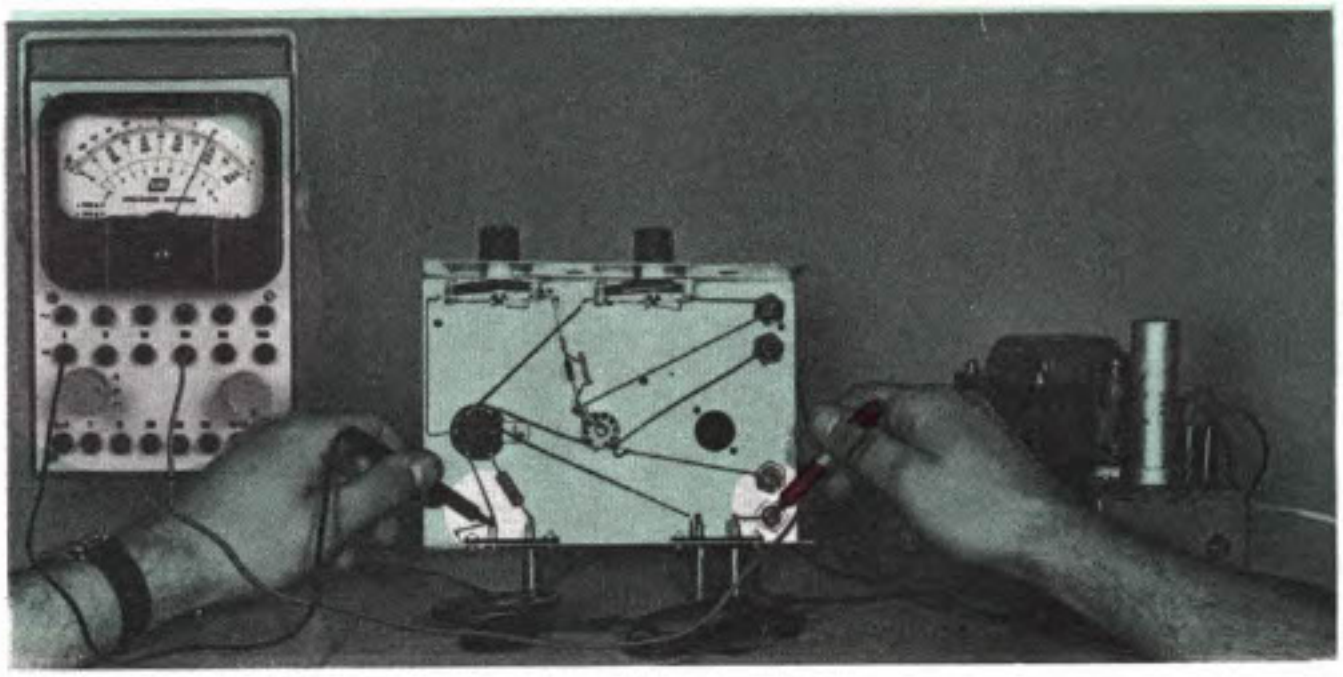
OCTAVA MEDICION - Intensidad entre la salida de la bobina de sintonía y la placa del triodo



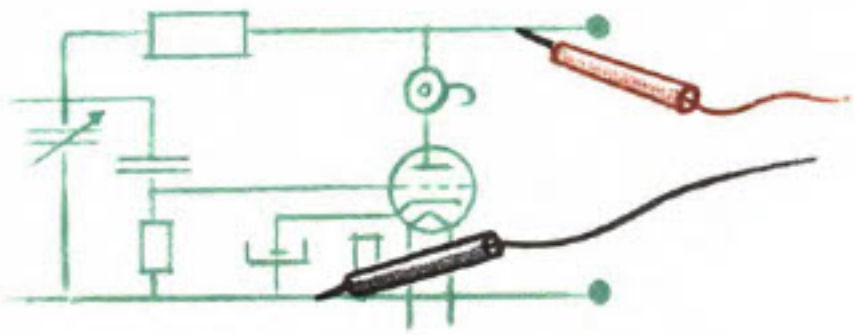


Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 mA.
Banana roja: en 100 mA.
Punta negra: sobre la patilla 1 (placa) del zócalo.
Punta roja: sobre el terminal 5 de la bobina.
LA LECTURA SERÁ DE 13 mA.

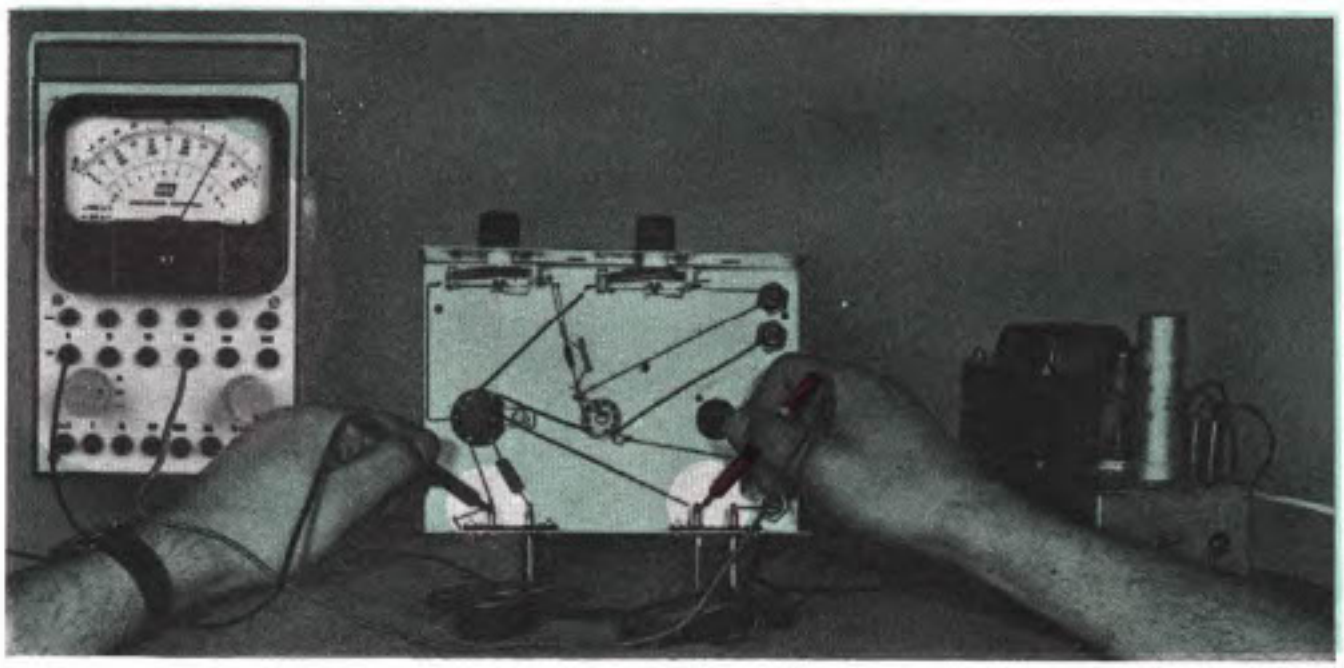
SEGUNDO RECEPTOR PRIMERA MEDICION - Tensión a la entrada del receptor



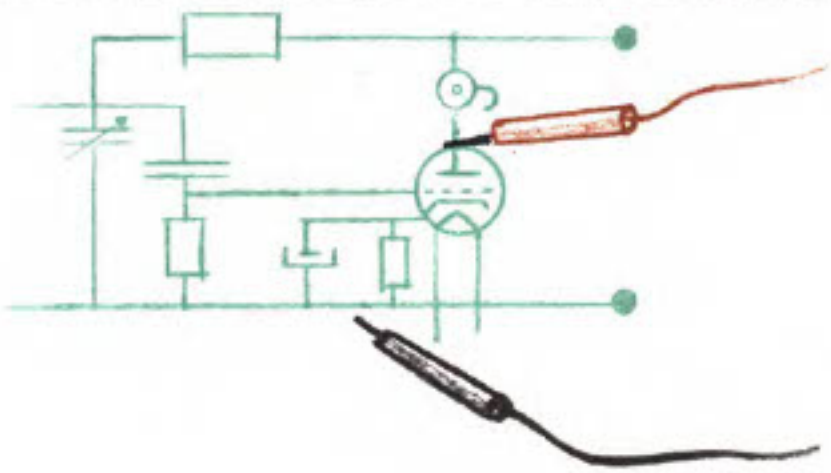
Conmutador en la posición =.
Banana negra: en 0 V.
Banana roja: en 500 V.
Punta negra: en contacto con el chasis (masa).
Punta roja: en contacto con la bombrilla negra de AT (+).
LA LECTURA SERÁ DE 270 V =.



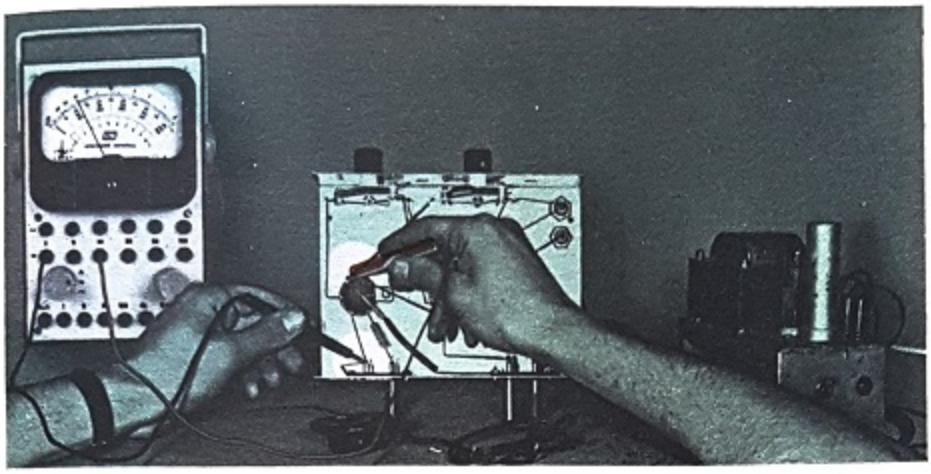
SEGUNDA MEDICION - Tensión a la salida del auricular

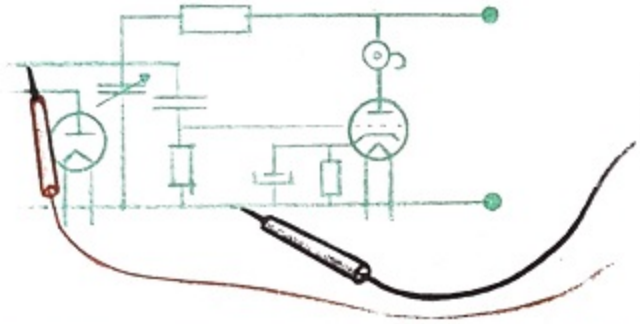


Conmutador en la posicion =.
Banana negra: en 0 V.
Banana roja: en 500 V.
Punta negra: a masa, sobre el chasis.
Punta roja: a la salida del auricular (FONO).
LA LECTURA SERÁ DE 269 V.



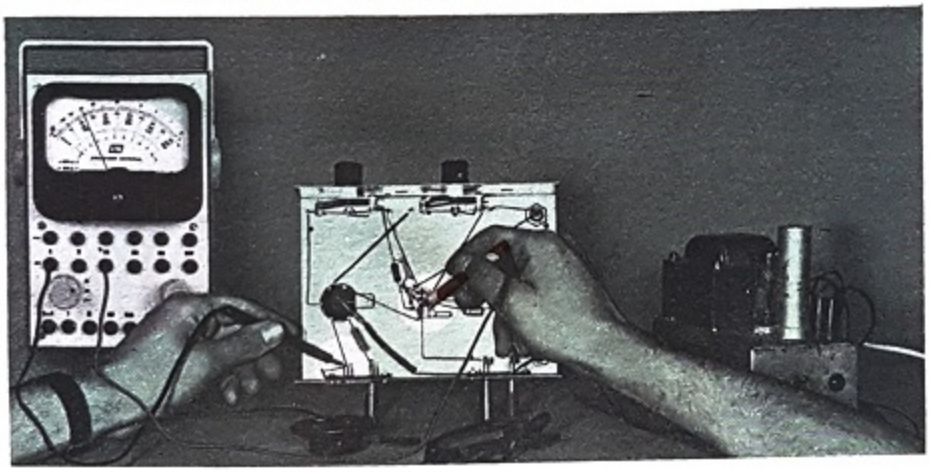
TERCERA MEDICION - Tensión a la entrada de la bobina

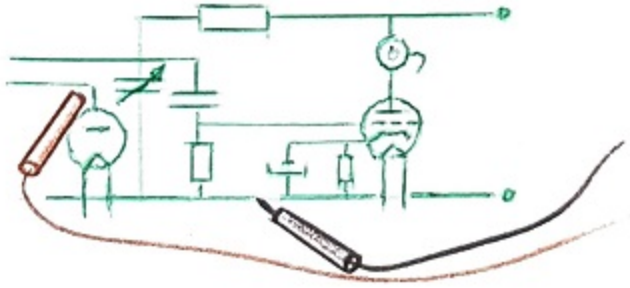




Conmutador en la posición =.
Banana negra: en 0 V.
Banana roja: en 100 V.
Punta negra: a masa, haciendo contacto con el chasis.
Punta roja: sobre el terminal 4 de la bobina.
LA LECTURA ES DE 25 V =.

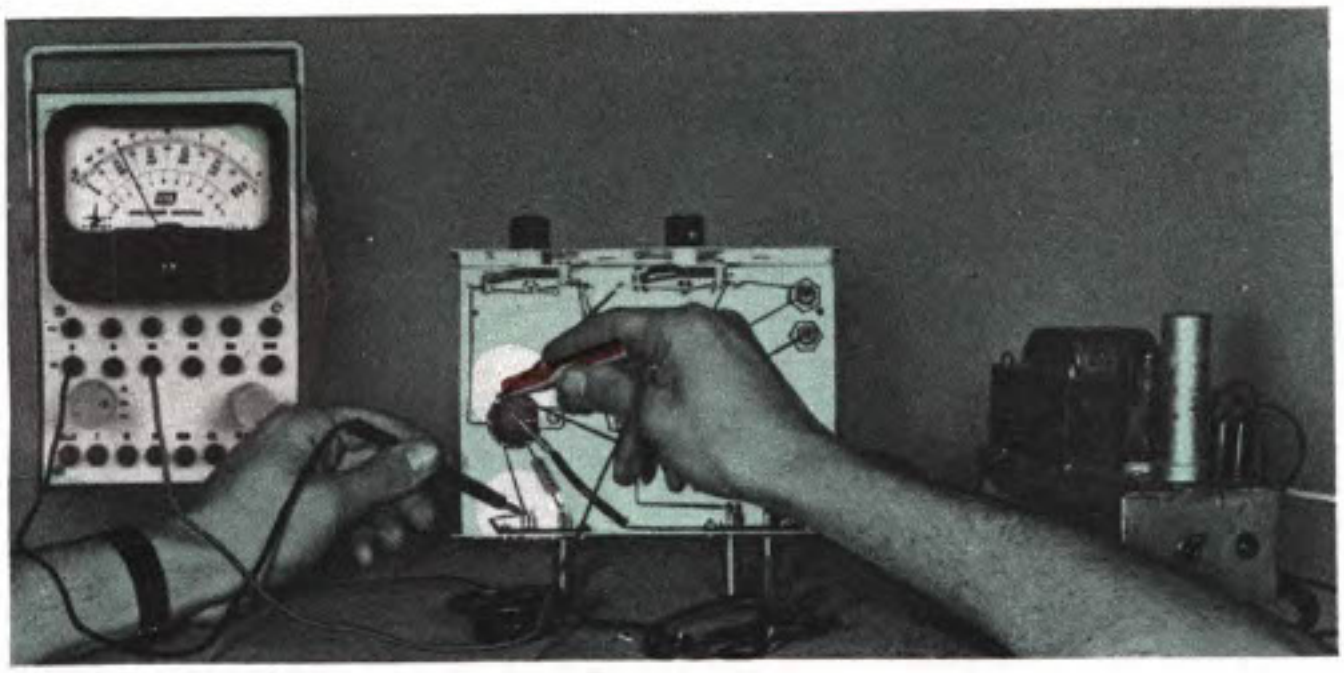
CUARTA MEDICION - Tensión de placa del primer triodo (detección)

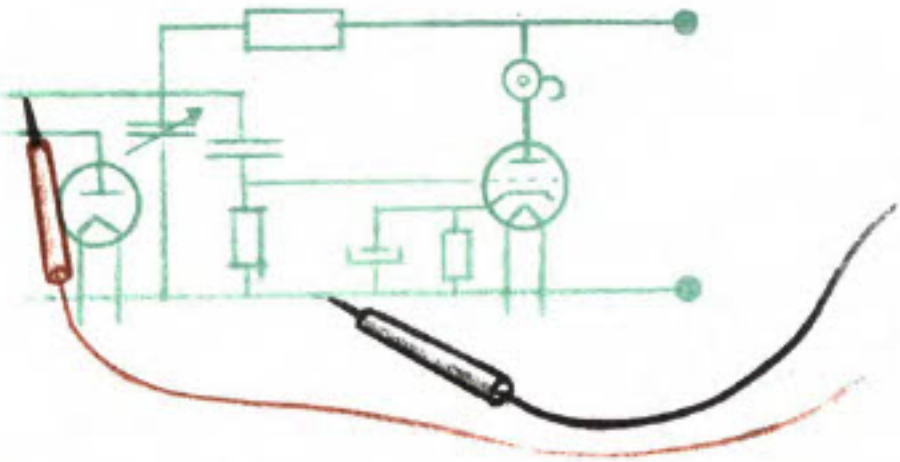




Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 V.
Banana roja: en 100 V.
Punta negra: haciendo masa.
Punta roja: en contacto con la patilla 1 (placa 1) del zócalo.
LA LECTURA SERÁ DE 25 V.

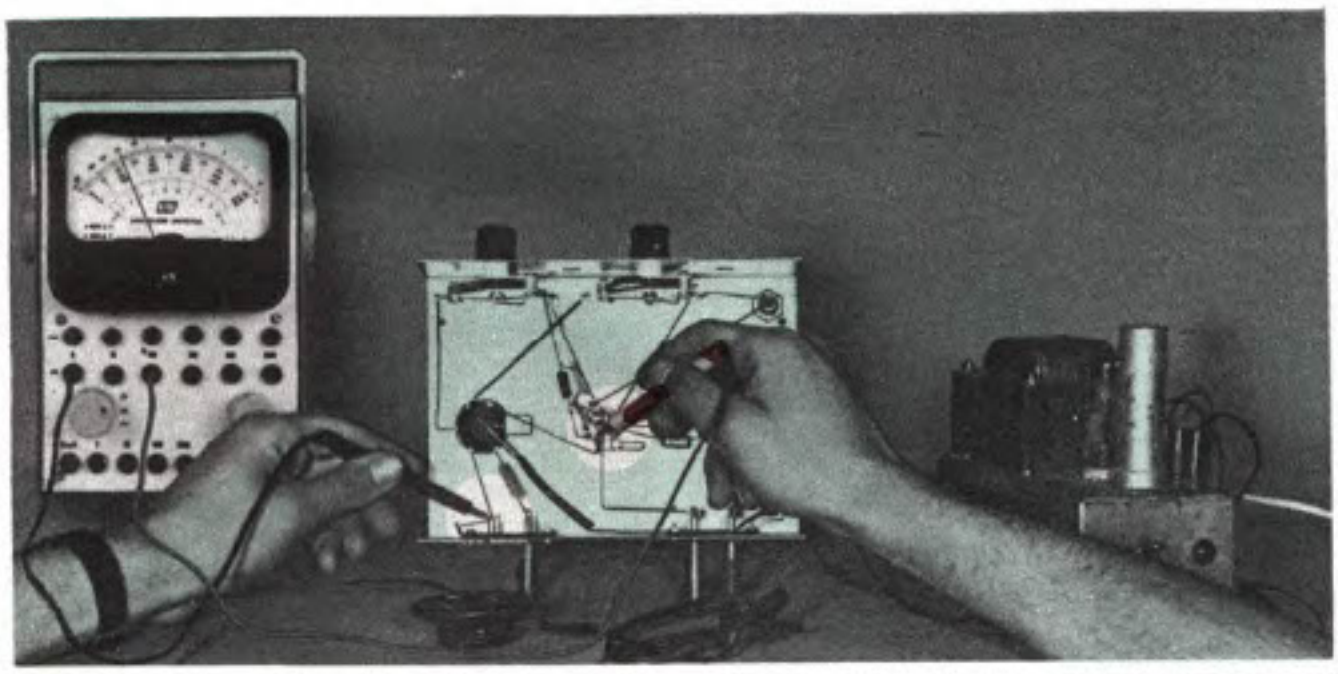
TERCERA MEDICION - Tensión a la entrada de la bobina

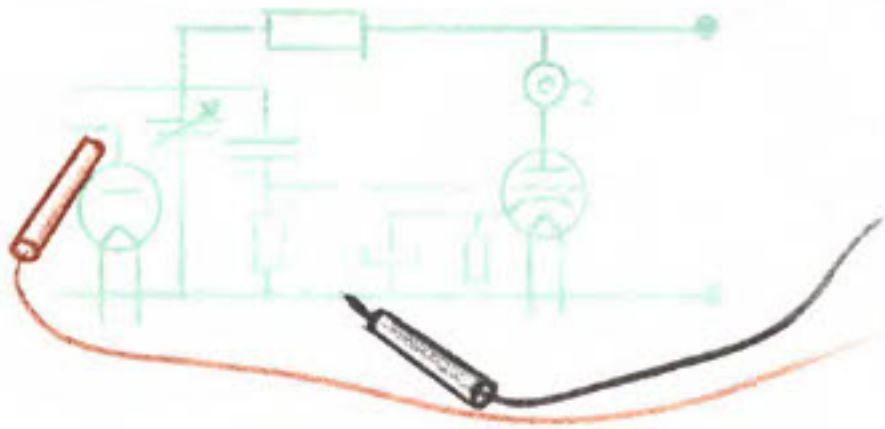




Conmutador en la posición =.
Banana negra: en 0 V.
Banana roja: en 100 V.
Punta negra: a masa, haciendo contacto con el chasis.
Punta roja: sobre el terminal 4 de la bobina.
LA LECTURA ES DE 25 V =.

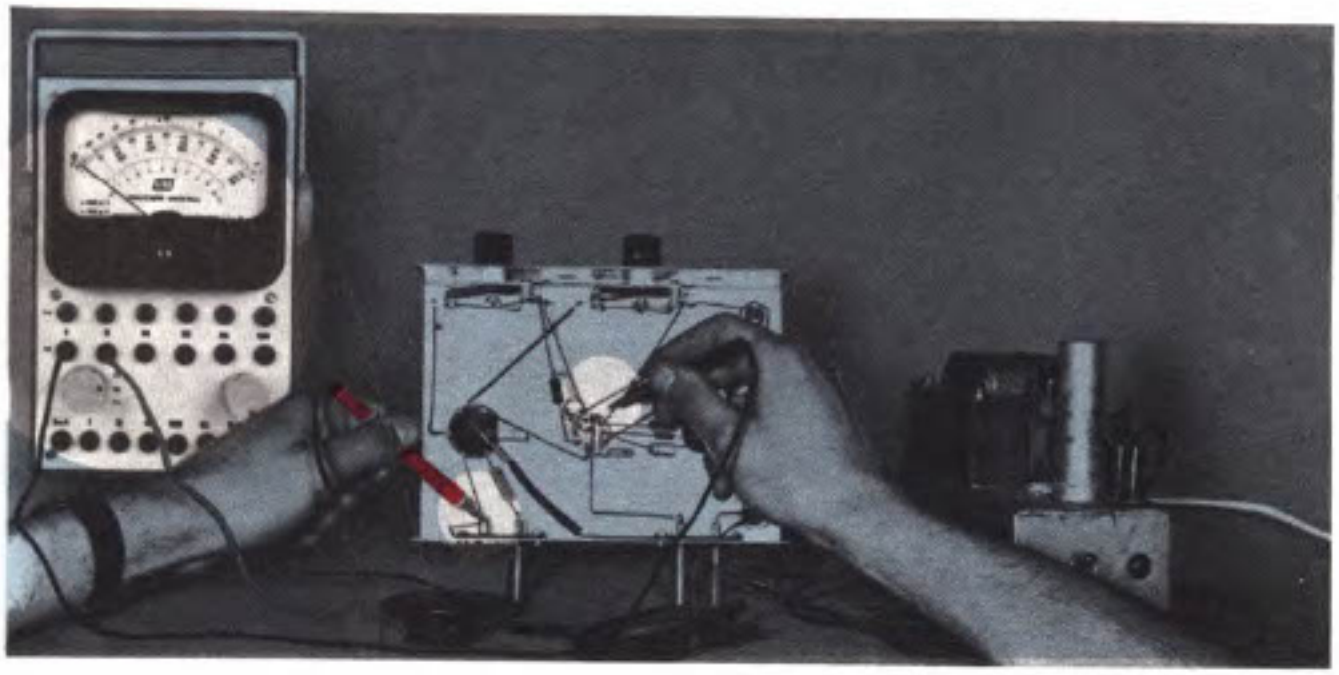
CUARTA MEDICION - Tensión de placa del primer triodo (detección)



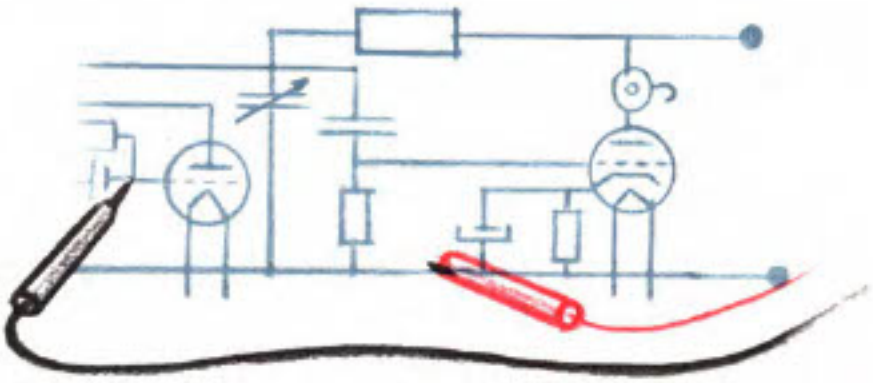


Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 V.
Banana roja: en 100 V.
Punta negra: haciendo masa.
Punta roja: en contacto con la patilla 1 (placa 1) del zócalo.
LA LECTURA SERÁ DE 25 V.

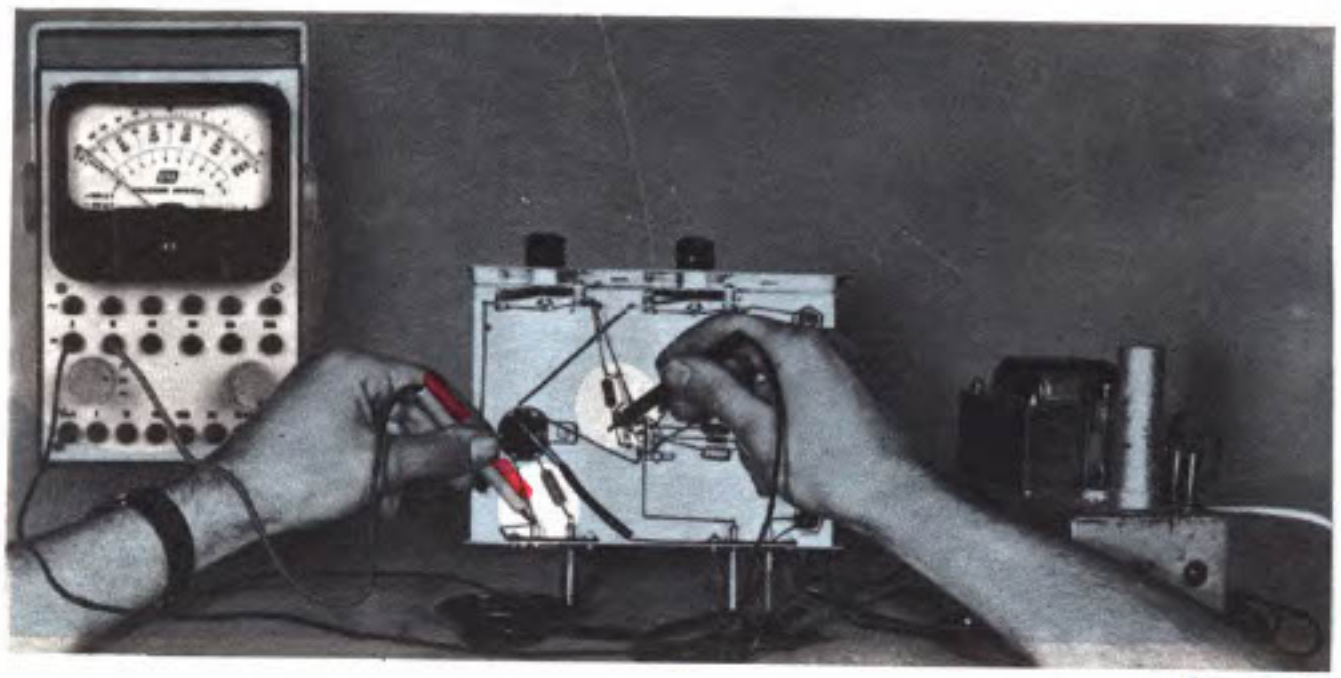
QUINTA MEDICION - Tensión negativa de rejilla en el primer triodo



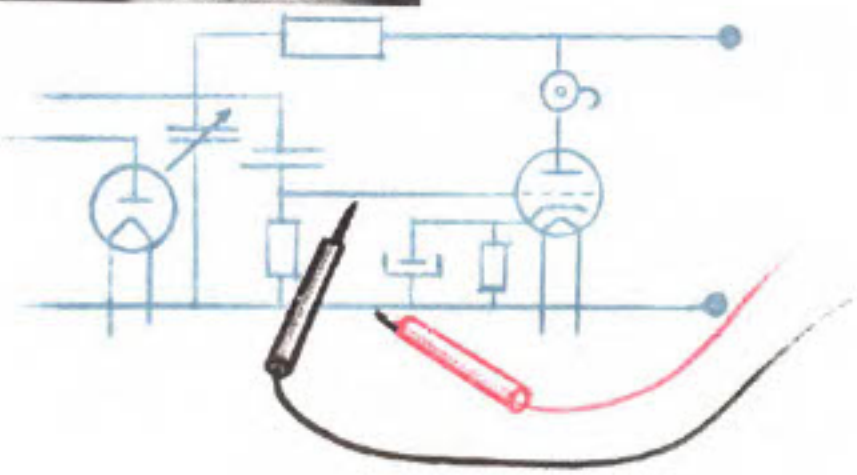
Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 V.
Banana roja: en 10 V.
Punta negra: en contacto con la patilla 2 (rejilla) del zócalo.
Punta roja: sobre el chasis (masa).
DEBE MARCAR UNA LIGERA TENSIÓN NEGATIVA.



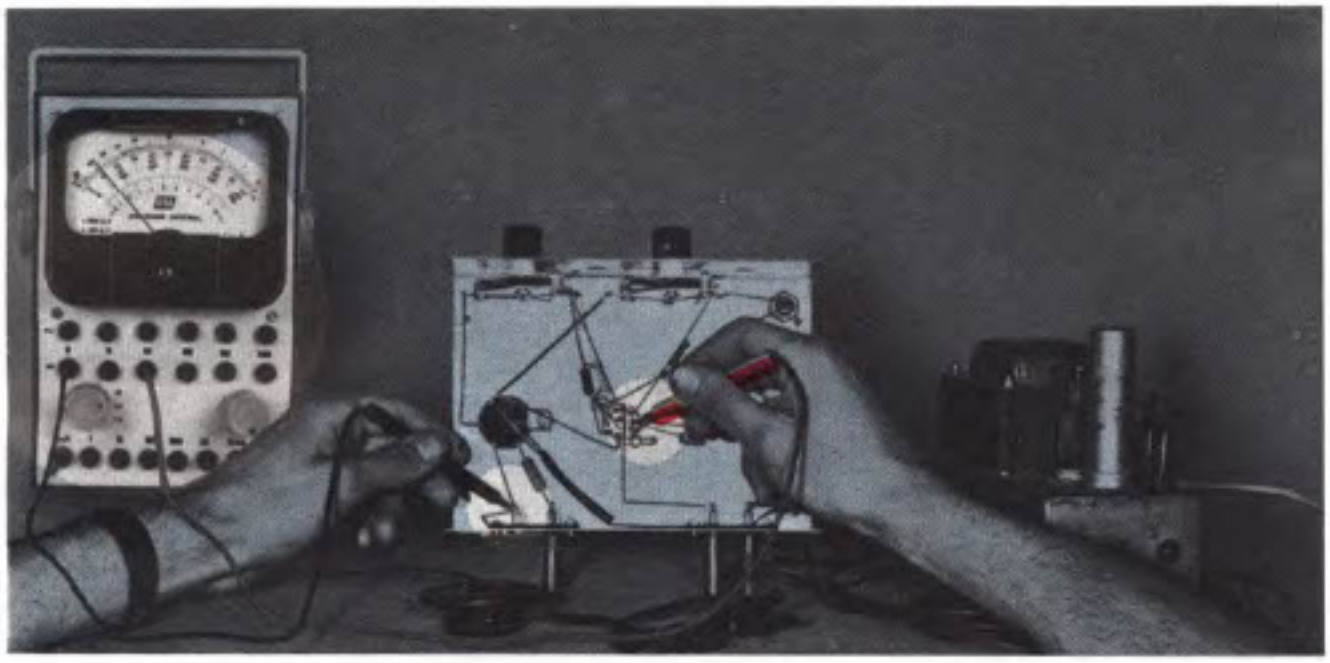
SEXTA MEDICION - Tensión negativa de rejilla en el segundo triodo

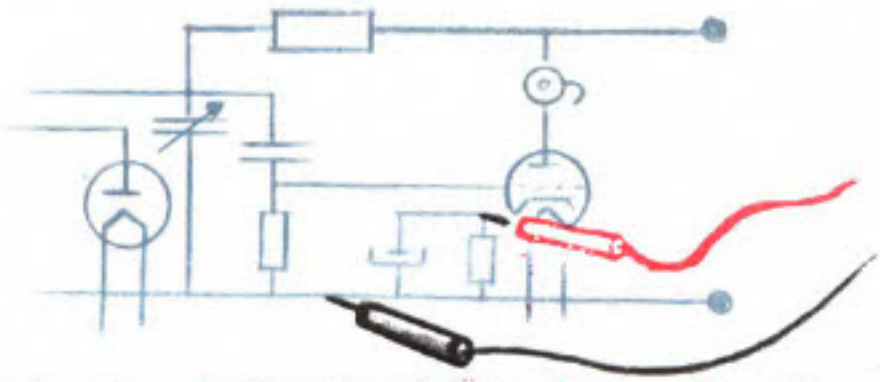


Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 V.
Banana roja: en 10 V.
Punta negra: la pondremos sobre la patilla 7 (rejilla del segundo triodo) del zócalo.
Punta roja: en contacto con el chasis.
LA TENSIÓN EN ESTE PUNTO DEBE SER CERO.



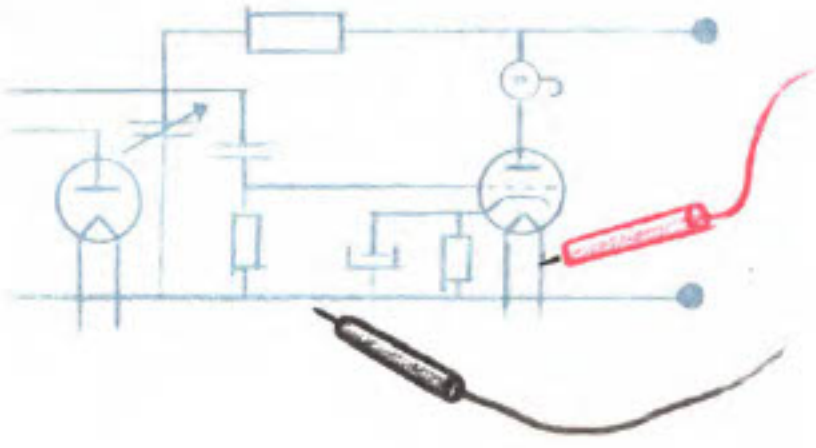
SEPTIMA MEDICION - Tensión de cátodo del segundo





Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 V.
Banana roja: en 100 V.
Punta negra: a masa (sobre el chasis).
Punta roja: en contacto con la pata 8 (cátodo) del zócalo.
LA LECTURA ES DE 12 V =.

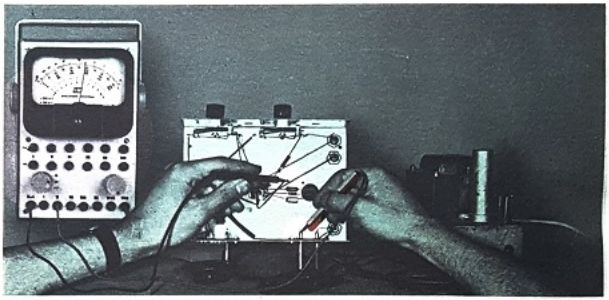
OCTAVA MEDICION - Tensión de filamentos (primer y segundo triodos)



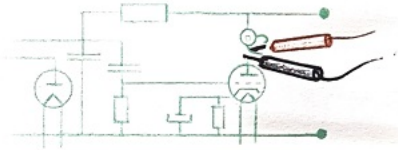
Posición del conmutador: ~.
Banana negra: en 0 V.
Banana roja: en 10 V.
Punta negra: a masa.
Punta roja: sobre la pata 9 (filamentos) del zócalo.
LA LECTURA SERÁ DE 6'9 V.

Tenemos una tensión algo menor que en el receptor de un solo triodo, debido al mayor consumo que exige la puesta en marcha del segundo triodo.

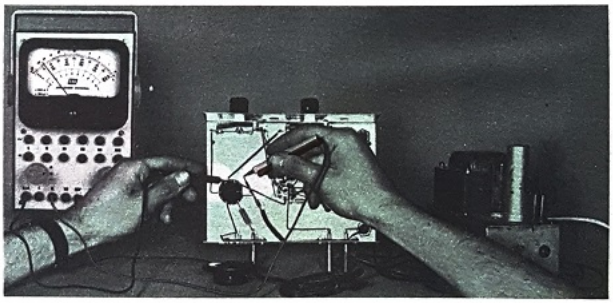
NOVENA MEDICION - Intensidad de placa del segundo triodo



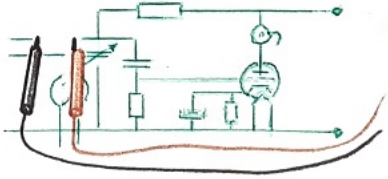
Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 mA.
Banana roja: en 10 mA.
Punta negra: a la patilla 6 (placa) del zócalo
Punta roja: a la salida del auricular.
La lectura será de 5'8 mA.



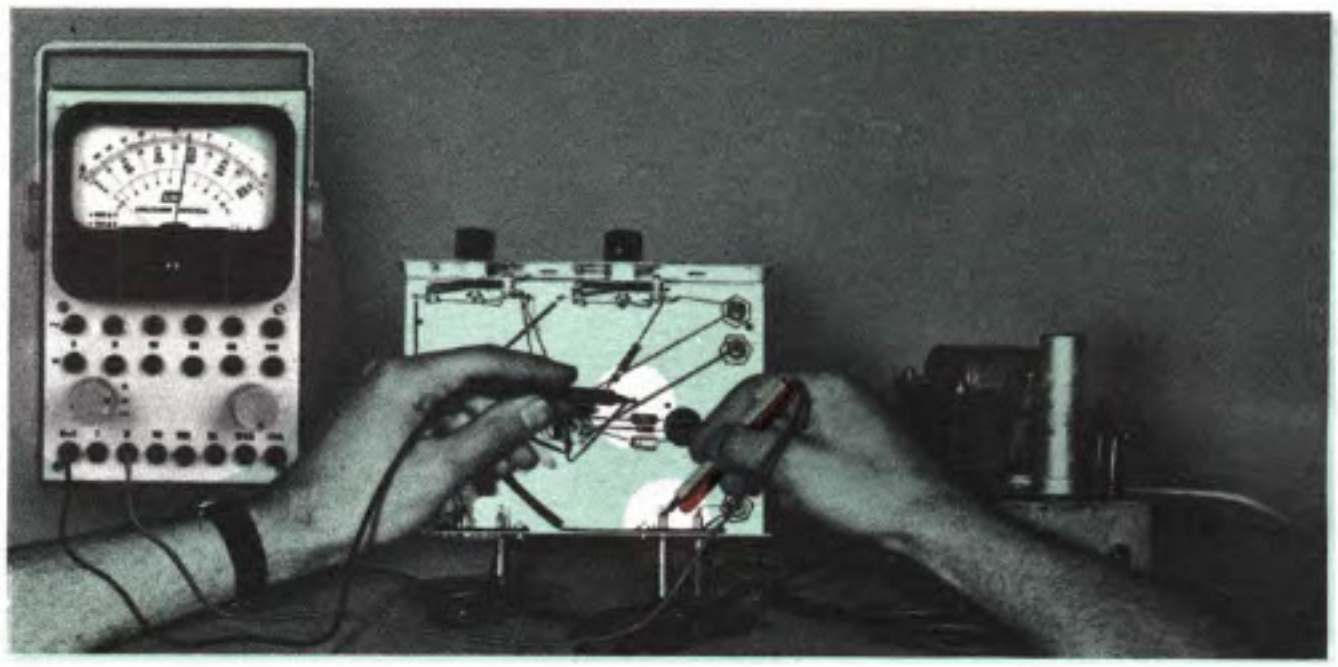
DECIMA MEDICION - Intensidad entre la salida de la resistencia de 270 KΩ y la entrada de la bobina



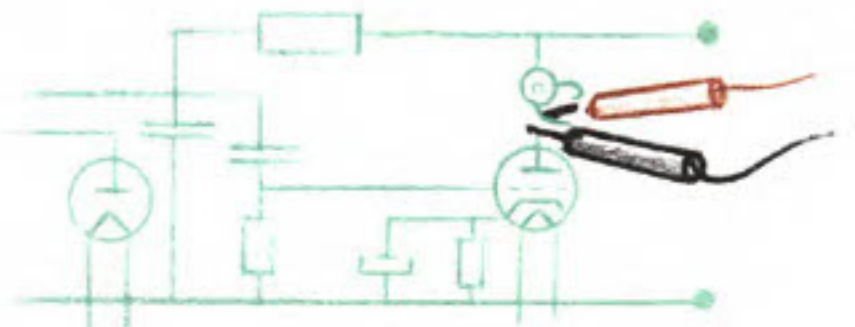
Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 mA.
Banana roja: en 10 mA.
Punta negra: sobre el terminal 4 de la bobina.
Punta roja: a la salida de la resistencia de 270 KΩ, previamente desoldada.
La lectura es de 1'2 mA.



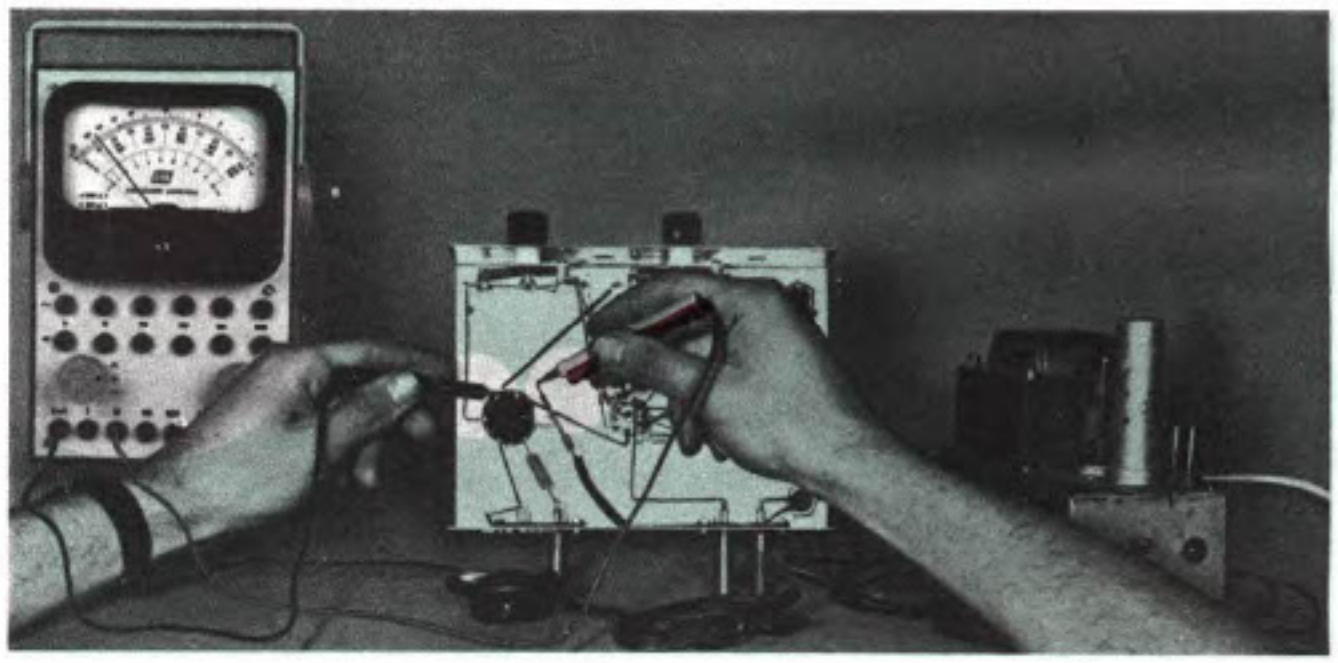
NOVENA MEDICION - Intensidad de placa del segundo triodo



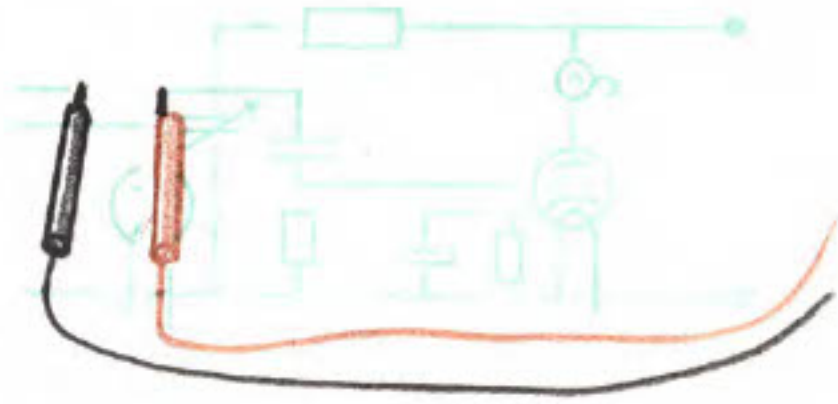
Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 mA.
Banana roja: en 10 mA.
Punta negra: a la patilla 6 (placa) del zócalo
Punta roja: a la salida del auricular.
LA LECTURA SERÁ DE 5'8 mA.



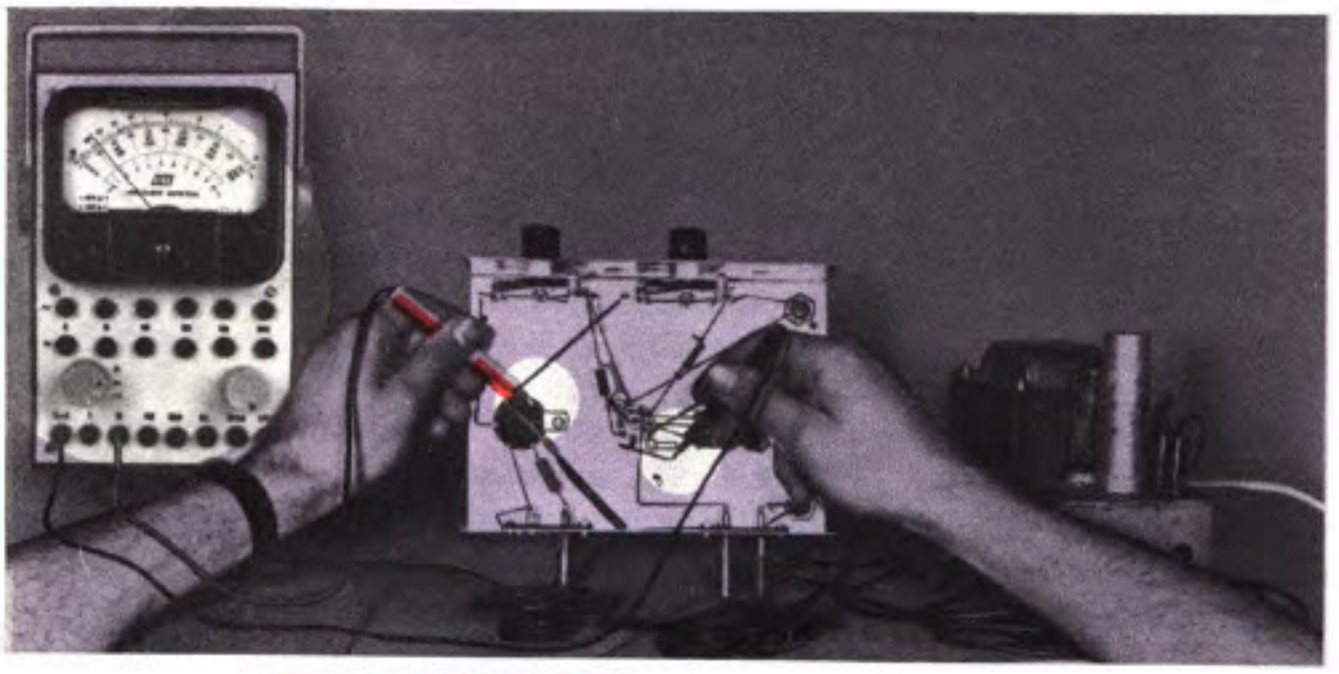
DECIMA MEDICION - Intensidad entre la salida de la resistencia de 270 KΩ y la entrada de la bobina

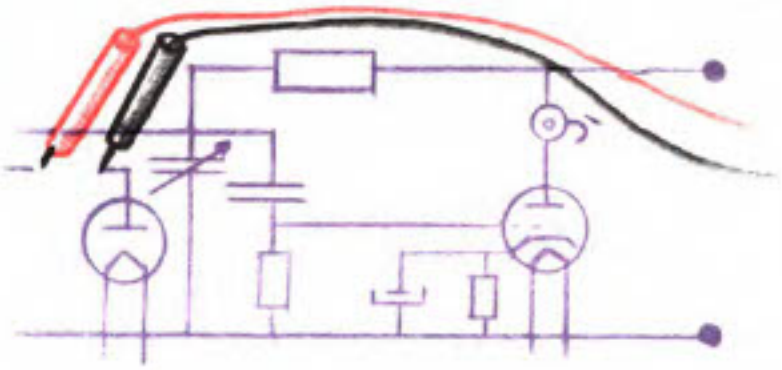


Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 mA.
Banana roja: en 10 mA.
Punta negra: sobre el terminal 4 de la bobina.
Punta roja: a la salida de la resistencia de 270 KΩ, previamente desoldada.
LA LECTURA ES DE 1'2 mA.



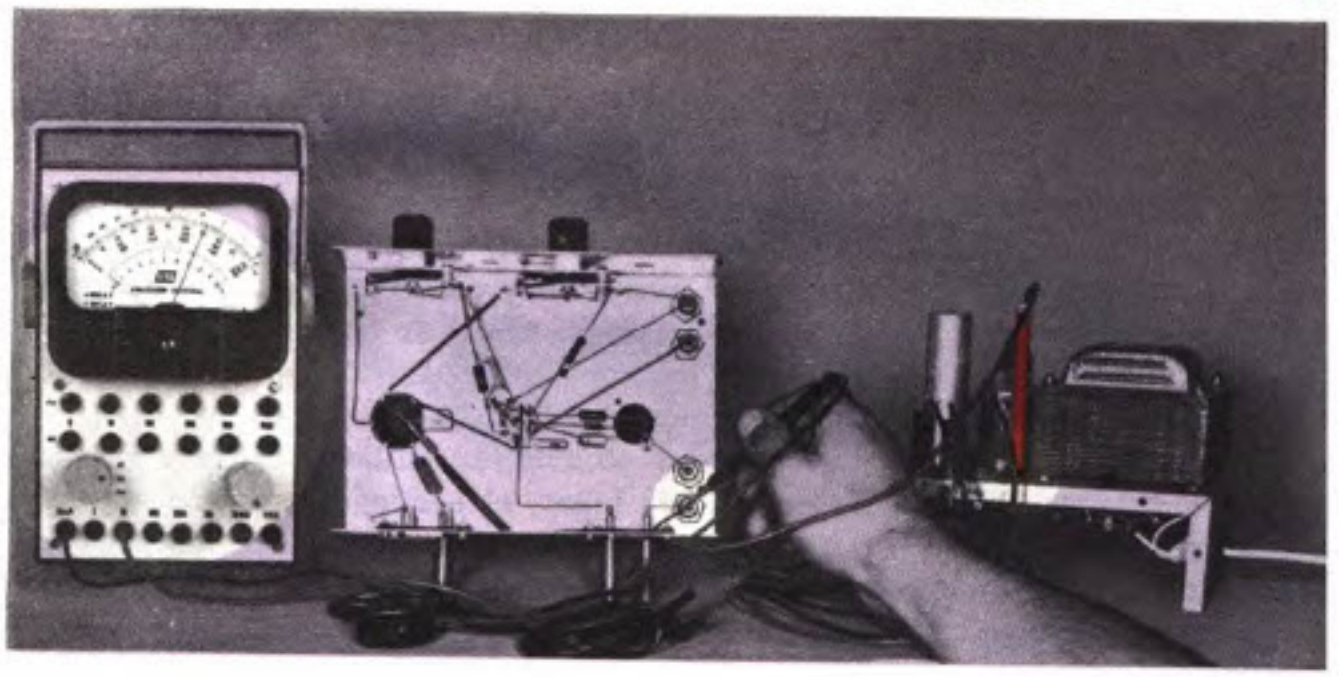
UNDECIMA MEDICION - Intensidad de placa del primer triodo

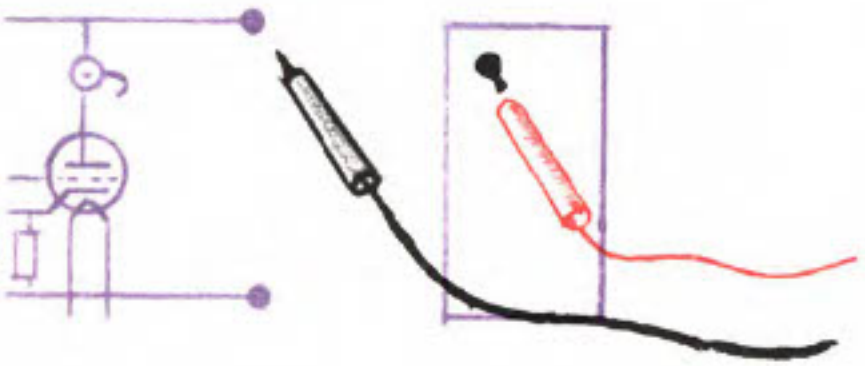




Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 mA.
Banana roja: en 10 mA.
Punta negra: en contacto con la patilla 1 (placa) del zócalo.
Punta roja: sobre el terminal 5 de la bobina.
LA LECTURA SERÁ DE 1'2 mA.

DUODECIMA MEDICION - Intensidad total en el circuito del receptor a reacción con amplificador por triodo





Posición del conmutador: =.
Banana negra: en 0 mA.
Banana roja: en 10 mA.
Punta negra: en la hembrilla negra de AT del aparato.
Punta roja: en la hembrilla negra (AT) de la fuente de alimentación.
LA LECTURA SERÁ DE 7 mA.

lección práctica 7

NECESIDAD DE ESTE CAPITULO

Por medio de las lecciones estudiadas ha tenido la oportunidad de familiarizarse con estas representaciones gráficas que, por medio de símbolos convencionales, sirven para representar circuitos eléctricos y electrónicos. Su utilidad indiscutible se le ha puesto de manifiesto de forma inequívoca con tan sólo considerar lo mucho que estas representaciones esquemáticas nos han ayudado para comprender los montajes con que experimentar los distintos fenómenos que hasta este momento hemos estudiado.

Usted, en efecto, ha llegado a un cierto conocimiento interpretativo; y creemos sinceramente que, a estas alturas, pocas dudas puede tener, ante un esquema teórico sin muchas complicaciones, acerca de lo que representa cada uno de los símbolos grafiados y acerca también de la relación que existe entre ellos.

Sin embargo, consideramos muy interesante dedicar una de nuestras lecciones prácticas a la exposición de ideas claras sobre lo que la experiencia ha demostrado que es conveniente tener en cuenta para que un esquema ofrezca las menores dificultades interpretativas.

No podemos decir que exista una normalización universalmente aceptada sobre la manera cómo debe estructurarse un esquema; pero sí podemos afirmar que si ajusta los esquemas que usted pueda dibujar en su quehacer profesional de técnico en radio y TV a las normas que daremos acto seguido, estos esquemas serán aceptados en cualquier parte del mundo.

ESQUEMAS PRACTICOS Y ESQUEMAS TEORICOS VENTAJAS E INCONVENIENTES

Convendrá con nosotros en que una buena definición de esquema puede ser ésta:

ESQUEMA ES UNA REPRESENTACIÓN GRÁFICA MÁS O MENOS CONVENCIONAL DE LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS Y DE LAS INSTALACIONES EN QUE INTERVIENEN, HACIENDO REFERENCIA ÚNICAMENTE A SUS CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES Y A LOS CONDUCTORES QUE LOS RELACIONAN ELÉCTRICAMENTE.

Como usted sabe muy bien, existen dos tipos fundamentales de esquemas. Hemos trabajado asiduamente con los dos: los prácticos y los teóricos. Precisemos lo que esto significa:

Puestos a dar definiciones de algo que, en definitiva, sabemos ya lo que es (siempre conviene dejar los conceptos bien definidos), diremos que UN ESQUEMA PRÁCTICO ES AQUEL EN QUE LOS DISTINTOS COMPONENTES Y CANALIZACIONES ELÉCTRICAS SE DIBUJAN AJUSTÁNDOSE A SU FORMA REAL Y SITUÁNDOLOS SEGÚN LA POSICIÓN RELATIVA QUE MANTENDRÁN REALMENTE UNA VEZ SE HAYA MONTADO EL APARATO DE QUE SE TRATE.

Tanto por esta definición como por lo que lleva estudiado, es posible que haya llegado a la comclusión de que no hay como un esquema práctico para estudiar un circuito de radio. En plan de estudio, no decimos lo contrario (por algo los venimos empleando); pero la verdad es que, en nivel profesional y técnico, su utilidad es muy escasa.

En primer lugar, el esquema práctico no permite una interpretación inmediata de los conductores que pertenecen a cada uno de los circuitos característicos que integran un montaje (para evitar tal confusión es conveniente emplear el color); y después, cuando el esquema pertenece a un montaje un poco complicado, lo más corriente es que algunos conductores o componentes queden ocultos por otros. Si para evitar esta confusión separamos los distintos elementos que deberán superponerse en el montaje, resulta que el esquema práctico habrá perdido su ventaja mayor, ya que la situación relativa de los elementos del circuito dejará de ser la verdadera.

Hemos dicho en alguna parte que un mismo circuito puede representarse de forma distinta, siempre que la relación entre los distintos componentes sea la que conviene. Esta posibilidad sólo es válida para un esquema teórico.

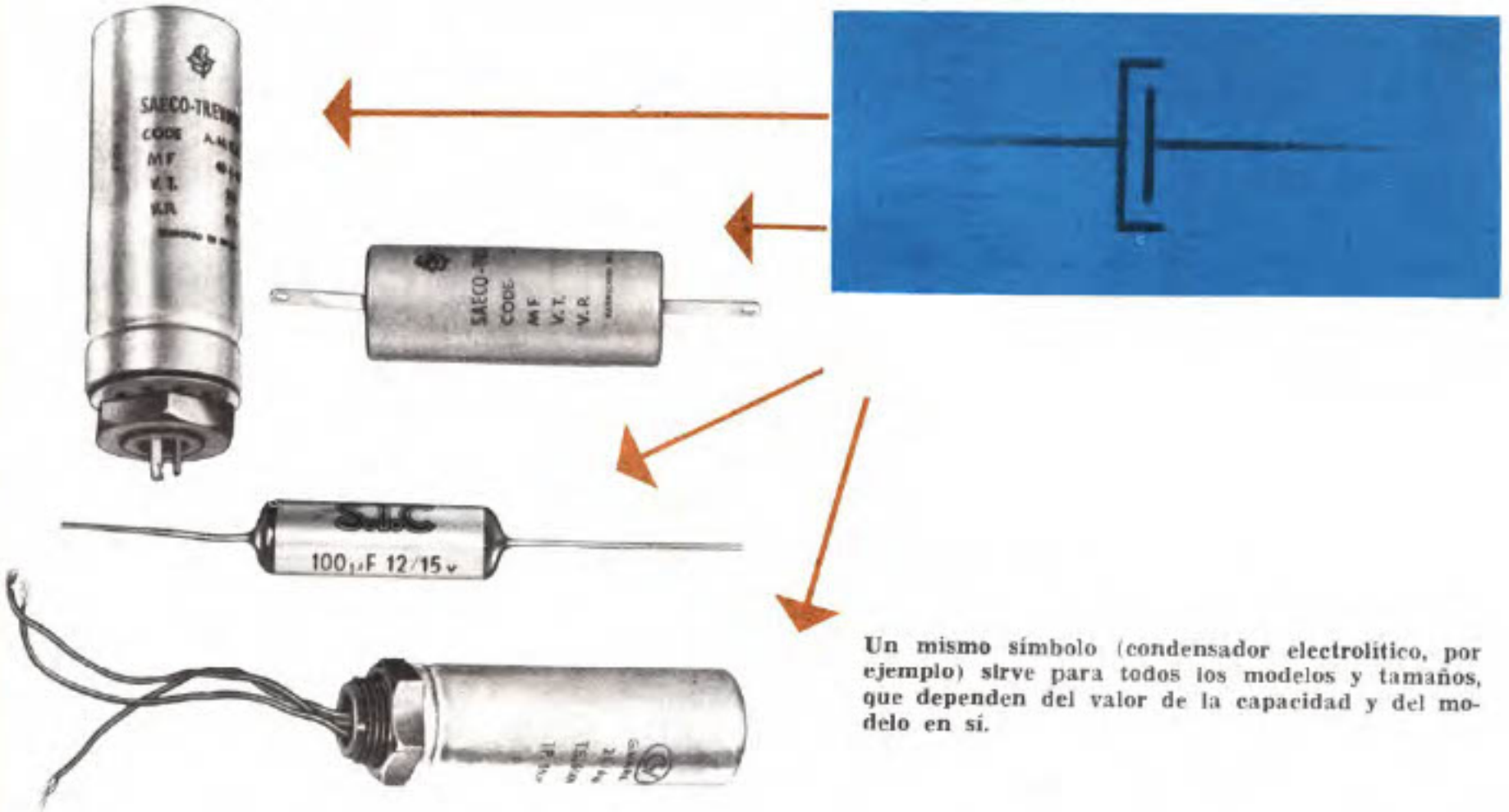
Un esquema práctico sólo es válido para un caso concreto y obliga al montador a trabajar con materiales exactamente iguales a los representados. Esta obligatoriedad es perfectamente aceptable en plan de estudio; pero es inconveniente en plan profesional.

Pensemos, además, en que los esquemas prácticos requieren mano de dibujante. De otra forma, si quien los dibuja no posee seguridad en el trazo y facilidad para interpretar las formas, lo más seguro es que lo que se hace con el afán de proporcionar una visión clara de un montaje se convierta en un jeroglífico indescifrable, tanto para profanos como para iniciados.

En definitiva, resulta que los esquemas empleados casi en exclusiva son los esquemas teóricos (llamados también esquemas técnicos), los que definiremos diciendo que SON AQUELLOS ESQUEMAS EN LOS CUALES LOS ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL CIRCUITO ESTÁN REPRESENTADOS POR SU CORRESPONDIENTE SÍMBOLO.

Estos símbolos pueden representar cualquier tipo de componente de todos los que tienen las mismas características técnicas. Así, un condensador variable se representará con el mismo símbolo, sea cual fuere el modelo que nos propongamos emplear.

Y quien dice condensador variable, dice resistencia, diodo, etc.



Un mismo símbolo (condensador electrolítico, por ejemplo) sirve para todos los modelos y tamaños, que dependen del valor de la capacidad y del modelo en sí.

Con los esquemas teóricos desaparecen los inconvenientes que hemos descubierto en los prácticos, aunque, para el no iniciado, se haya perdido la visión real de aquello que se propone montar. Observe que referimos este inconveniente al no iniciado, con lo cual se sobrentiende su inexistencia cuando la práctica, la costumbres de interpretar esquemas teóricos, hace que el técnico pueda formarse una idea de principio de cómo deberá ser el chasis que permita una de las varias disposiciones que puede admitir el circuito cuyo esquema se examina. Recuerde al respecto que un mismo esquema es válido para cualquier disposición de montaje mientras las canalizaciones eléctricas (conductores) mantengan la relación prevista entre los contactos de los componentes.

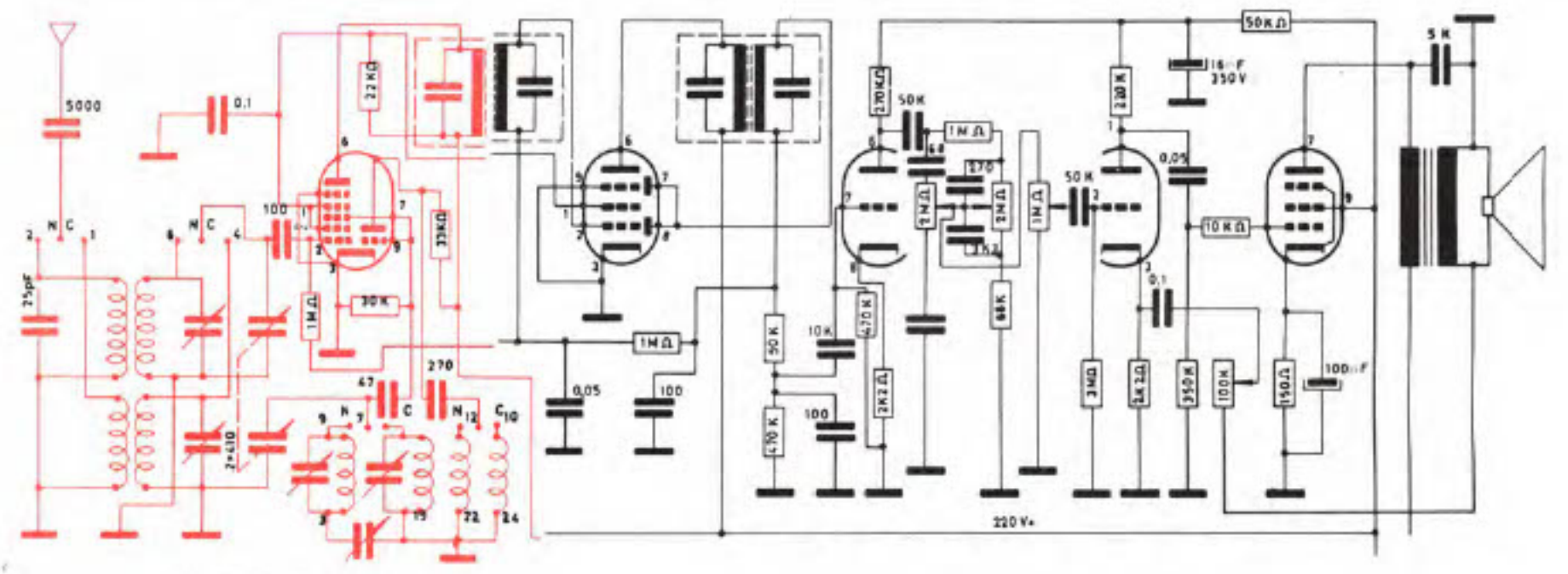
No se ha llegado a una unificación total en los símbolos y tampoco en la forma de disponerlos en el esquema; pero, pese a esta falta de un criterio unánime, es posible dar algunas normas sobre la forma de estructurar un esquema en vistas a su fácil interpretación.

Citemos estas normas tendentes a facilitar la interpretación del esquema.

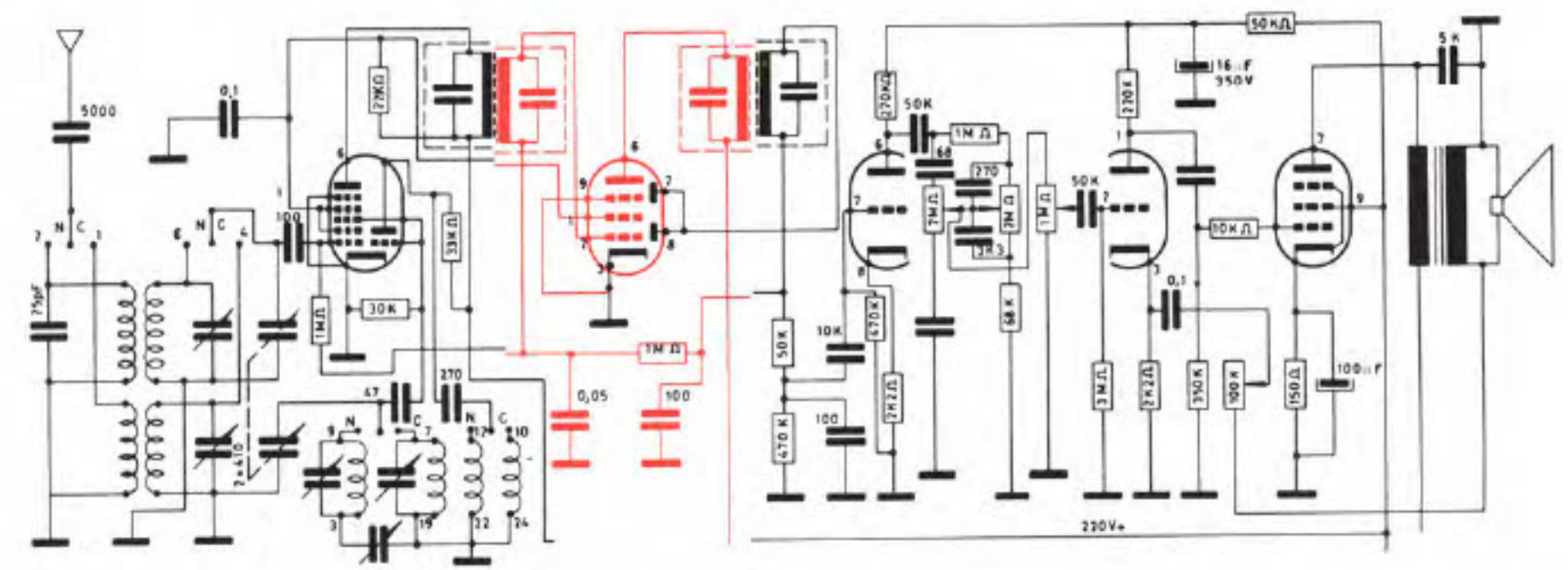
CONDICIONES CON LAS QUE DEBE CUMPLIR UN BUEN ESQUEMA TEORICO

El esquema perfecto será aquel que permita la interpretación exacta del circuito con la mínima cantidad de líneas. Esto, que parece una perogrullada, es algo que el proyectista y el delineante deberán tener muy en cuenta, reduciendo en lo posible el número de líneas y elementos gráficos representativos, pero sin que por ello quede mermada la posibilidad de una rápida y exacta interpretación del circuito.

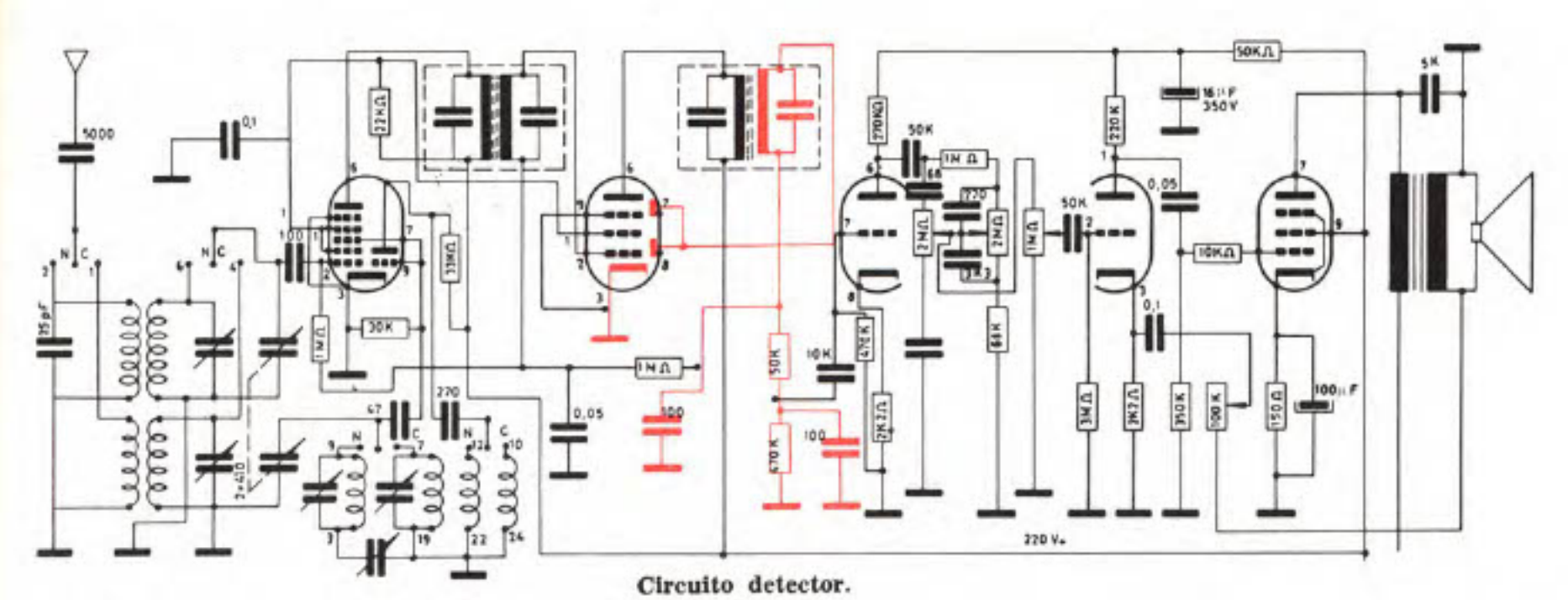
Sabemos perfectamente que tanto en un emisor como en un receptor podemos considerar distintas etapas de su circuito total (detección, amplificación de A.F., amplificación de B.F., etc.). Pues bien: conviene que, en el esquema, cada una de estas etapas quede situada según un orden dado. Lo normal es que las etapas se sucedan de izquierda a derecha, empezando por la que pone en juego una menor energía de A.F. y terminando por la etapa de mayor potencia, que será la que excita el altavoz en los receptores o la que excita la antena en los emisores. La fuente de alimentación suele dibujarse al pie del esquema.



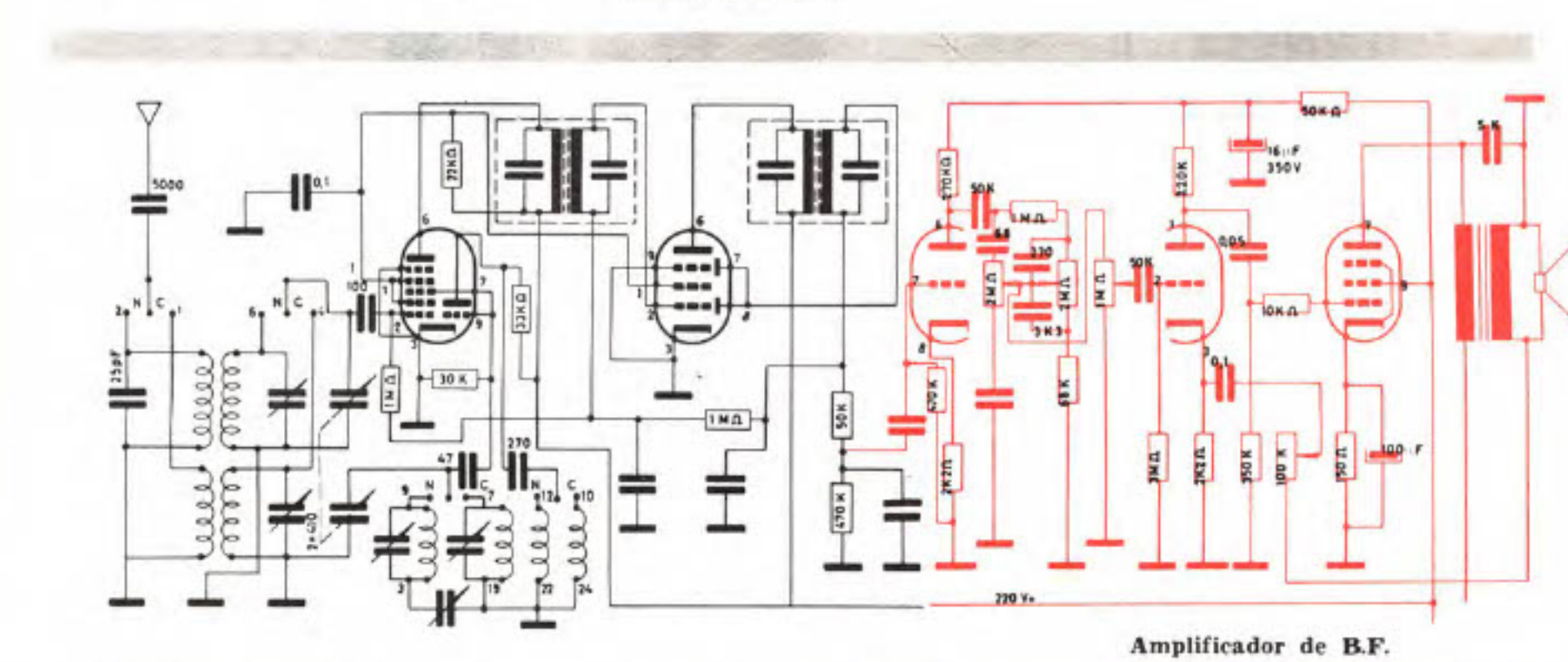
Amplificador R.F
Oscilador.



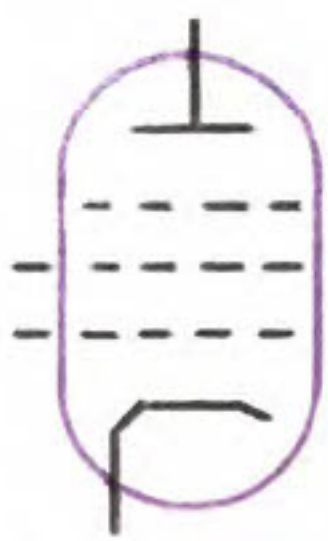
Amplificador F.I.



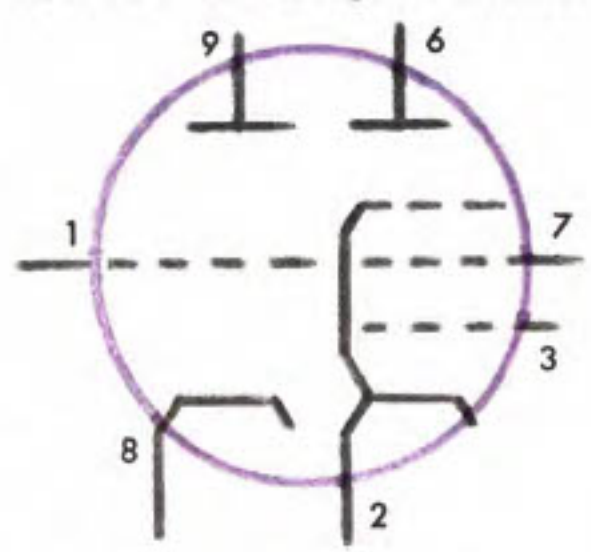
Circuito detector.



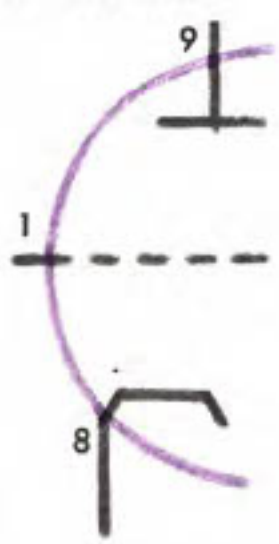
Amplificador de B.F.



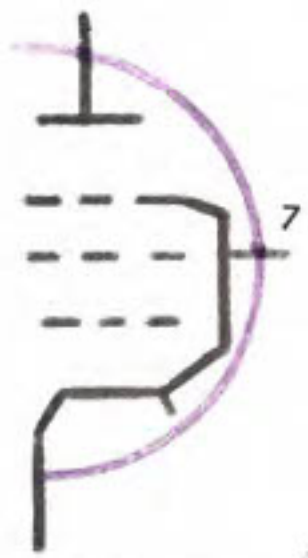
En cuatro gráficos correlativos hemos demostrado cómo las distintas etapas se suceden de izquierda a derecha según el orden citado en el texto.



ECL 82



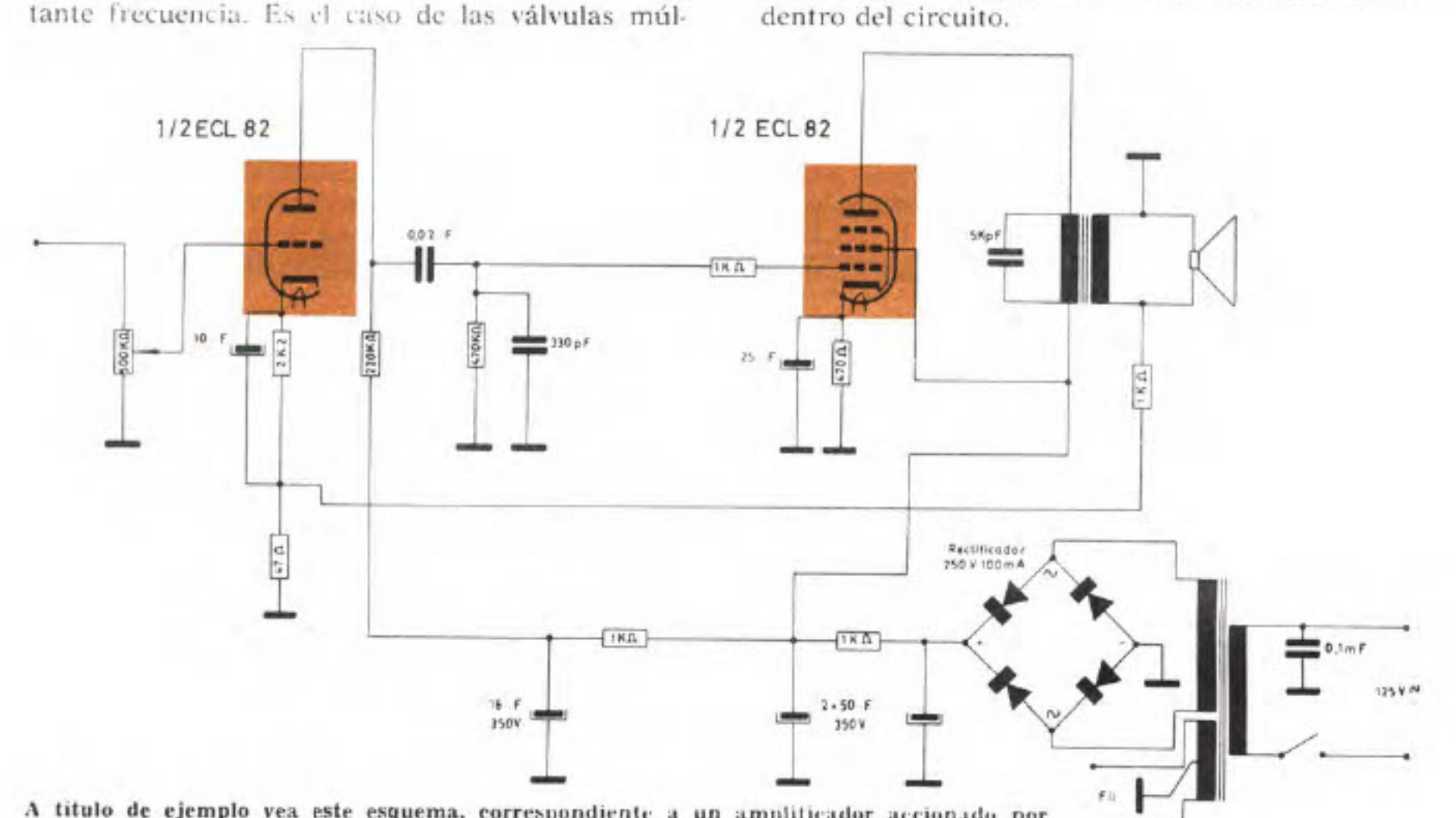
1/2 ECL 82



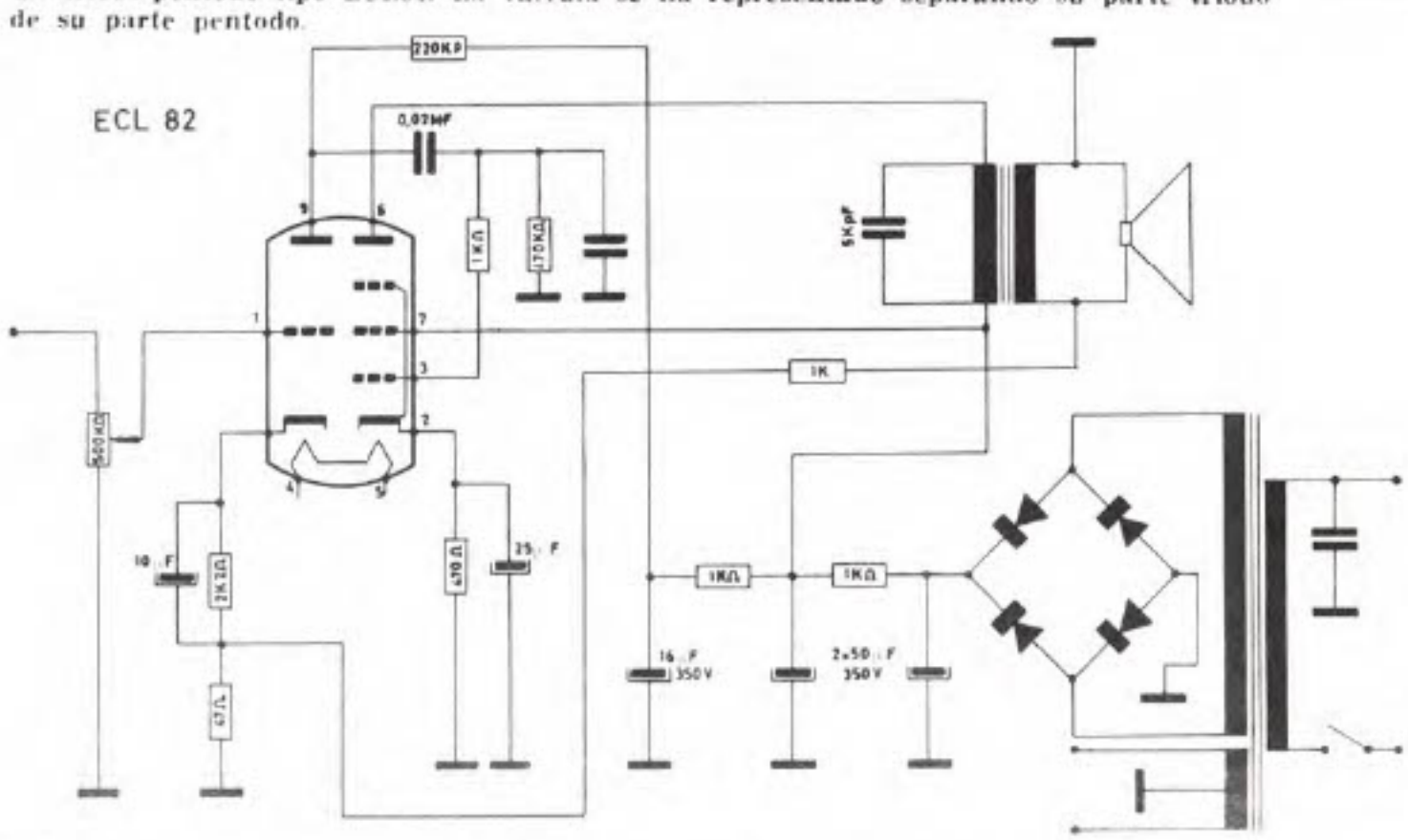
1/2 ECL 82

De izquierda a derecha puede ver el símbolo de una válvula pentodo, dibujado según la norma aceptada; es decir, con los electrodos en columna, situando la placa en el plano superior y el cátodo en el inferior. A continuación aparece el símbolo de la triodo-pentodo ECL82. Es una válvula múltiple que, si la claridad del esquema así lo recomienda, puede representarse partida tal y como aparece a la derecha de esta serie de gráficos. Se indica que se trata de 1/2 ECL82.

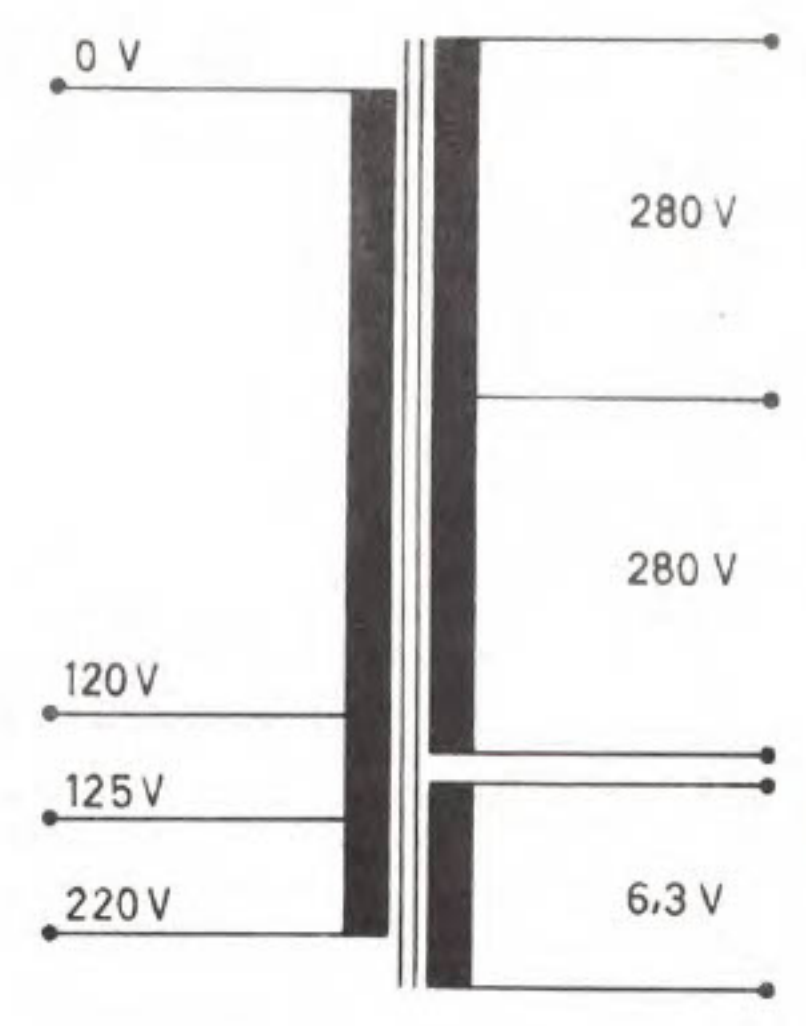
Los símbolos de los electrodos que forman las válvulas termoiónicas suelen situarse en columna, empezando por la placa y terminando por el filamento; aunque algunas veces (rara excepción) los electrodos se colocan uno al lado del otro. Referente a la representación de las válvulas, debe conocerse un caso particular que aparece con bastante frecuencia. Es el caso de las válvulas múltiples (dobles triodos, triodo-pentodo, triodo-hexodo, etc.) que actúan como si de varias válvulas se tratase. Muchas veces, en vez de agrupar todos los electrodos de una válvula múltiple dentro de un solo círculo o figura alargada se prefiere indicar con total independencia cada una de las partes de la válvula que efectúa una misión concreta dentro del circuito.



A título de ejemplo vea este esquema, correspondiente a un amplificador accionado por un triodo-pentodo tipo ECL82. La válvula se ha representado separando su parte triodo de su parte pentodo.



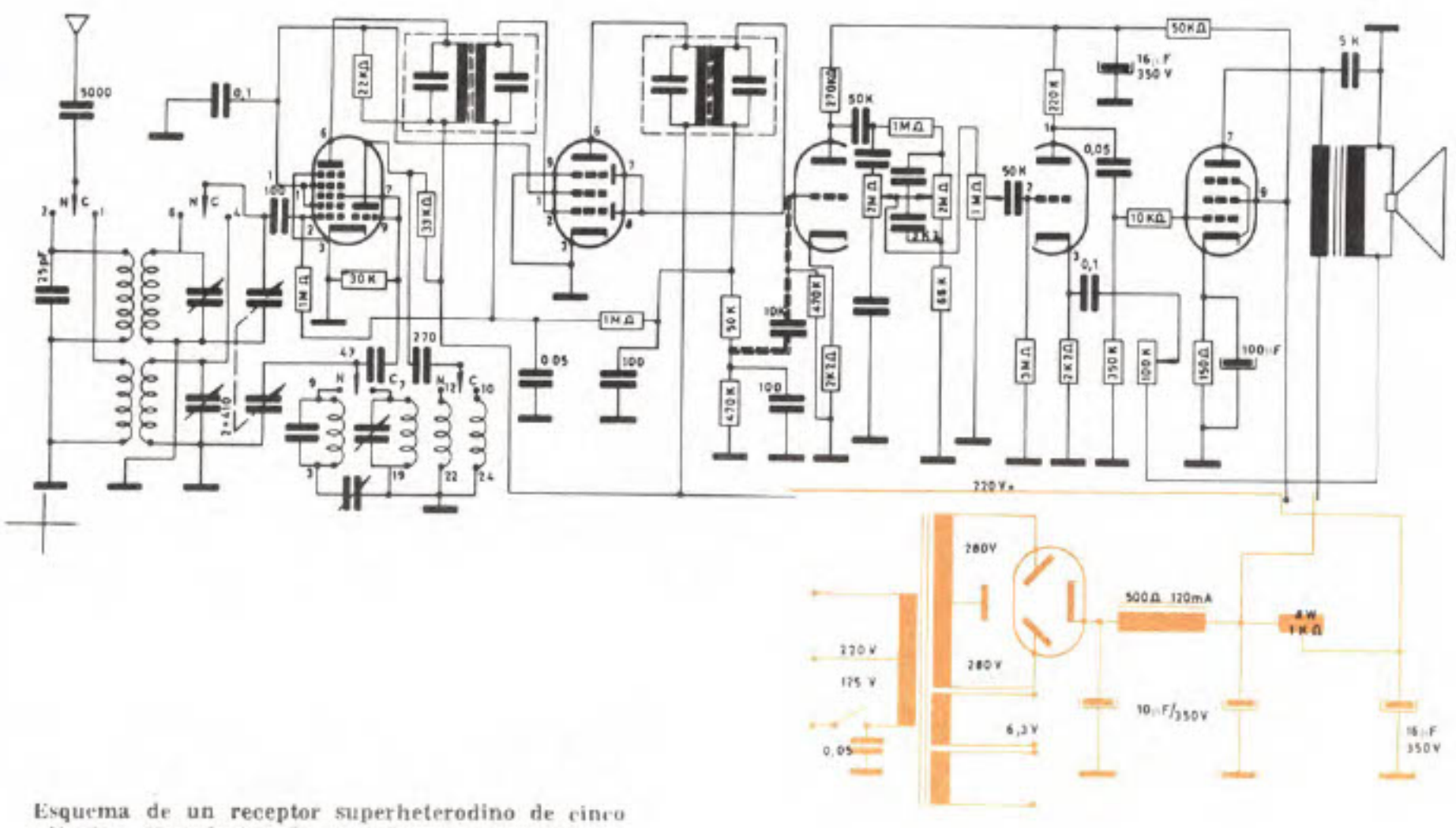
Este esquema representa exactamente el mismo amplificador anterior. La única diferencia está en el hecho de haber representado la válvula completa, sin separar sus dos partes.



Las canalizaciones eléctricas suelen dibujarse por orden creciente de tensiones positivas, de modo que los conductores de la línea de alimentación de las placas queden situados en la parte superior del esquema, correspondiendo a la línea de alimentación de cátodos el nivel más inferior del dibujo, excepto en aquellos aparatos que llevan líneas más negativas que la masa (caso de los circuitos de control automático de sensibilidad), en cuyo caso se situarán por debajo de la línea de alimentación de cátodos.

La etapa de alimentación (rectificación y filtro) suele situarse en la parte inferior derecha del esquema.

Para mayor facilidad en la ejecución de los dibujos, los bobinados suelen representarse por líneas gruesas, tal como se indica en la figura.



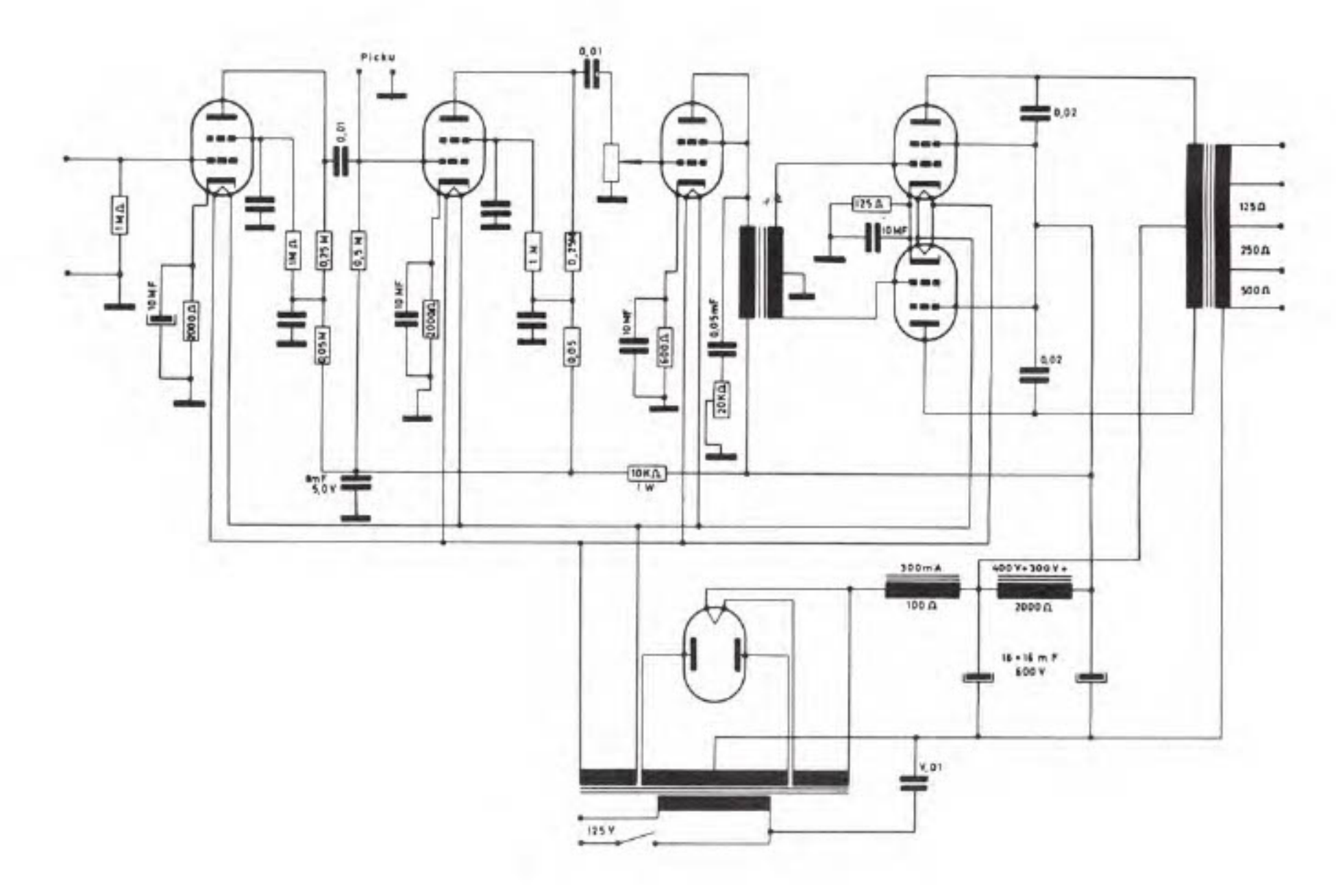
Esquema de un receptor superheterodino de cinco válvulas. Vea destacada en color la parte del esquema correspondiente al circuito rectificador (fuente de alimentación).

A pesar de ser una cuestión conocida, digamos que los hilos que hacen contacto eléctrico entre sí deben llevar un punto, un pequeño círculo negro indicativo de que aquel cruce de hilos o aquella incidencia corresponden a un contacto eléctrico.

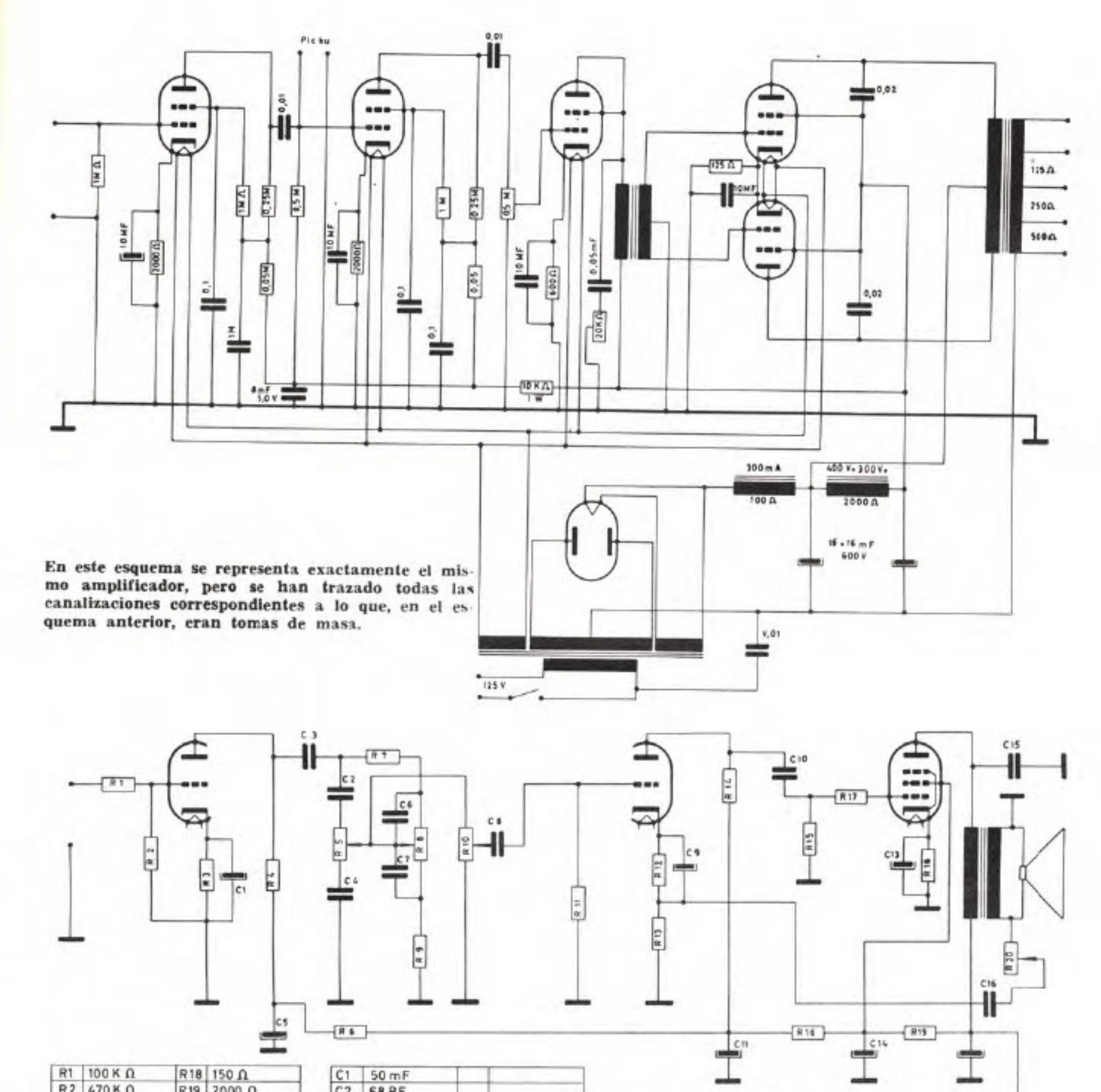
La ausencia de dicho punto indicará que se trata de conductores que no hacen contacto. Si se considera que la ausencia de contacto debe quedar más destacada de lo que permite la simple ausencia de un punto de contacto, puede trazarse un pequeño arco o puente que indique la circunstancia. La tendencia actual es la de eliminar estos puentes. Son ya muy pocos los esquemas que pueden verse con estas indicaciones de *no contacto*.

Siguiendo con las prescripciones que atañen a las canalizaciones eléctricas, debe advertirse que todos los cruces y cambios de dirección deben trazarse siempre en ángulo recto. De este modo, la red de conductores que en el esquema relacionan los distintos componentes estará formada únicamente por horizontales y verticales, sin inclinadas y sin curvas. Se ha demostrado que es así cómo se obtiene una mayor claridad en el esquema. Sólo en caso de excepción se trazarán líneas inclinadas.

Para la interpretación correcta de un esquema, debe tenerse en cuenta que las tomas de masa se representan casi siempre por medio del signo de este elemento (masa), con lo cual se simplifica considerablemente el esquema. Debe considerarse que existe una línea no dibujada que une todas las conexiones a masa. En esquemas muy sencillos, no hay ningún inconveniente en trazar esta línea; pero en circuitos de cierta complejidad sería una notable complicación en el dibujo. Por término medio, nos ahorramos una tercera parte de líneas.



Esquema de un amplificador de potencia, dibujado con las tomas de masa representadas por su símbolo.



En este esquema se representa exactamente el mismo amplificador, pero se han trazado todas las canalizaciones correspondientes a lo que, en el esquema anterior, eran tomas de masa.

R1	100 K Ω	R18	150 Ω
R2	470 K Ω	R19	2000 Ω
R3	2.2 K Ω	R20	50 K Ω 6 W
R4	270 K Ω		
R5	2 MG		
R6	50K Ω		
R7	1 MG		
R8	2 MG		
R9	6.8 K Ω		
R10	1 MG		
R11	3 MG		
R12	2.2 K Ω		
R13	300 Ω		
R14	220 K Ω		
R15	330 K Ω		
R16	50 K Ω		
R17	10 K Ω		

C1	50 mF		
C2	68 PF		
C3	50K		
C4	2 K		
C5	16mF 350 V		
C6	270 PF		
C7	3.3 PF		
C8	50 K		
C9	50 mF		
C10	0.05		
C11	16 mF 350 V		
C12	10 K		
C13	100 mF		
C14	40 x 40 350 V		40 x 40 mF
C15	5 K		
C16	0,1		

Este es un ejemplo de esquema con lista de componentes.

En todo esquema son necesarias las indicaciones escritas que ilustren sobre los valores eléctricos del material que debe emplearse, así como de algunas de sus características técnicas que no especifican los símbolos. Así, por ejemplo, la distinción entre un potenciómetro lineal y un potenciómetro logarítmico será posible si para el primero escribimos la notación Lin y para el segundo la notación Log. Algo similar ocurre con los valores de las resistencias y de los condensadores: deben indicarse por escrito.

Para hacerlo se siguen dos criterios:

a) Anotar los valores directamente sobre el esquema al lado del símbolo del elemento a que corresponden.

b) Numerar todos los componentes y añadir al esquema una lista de los mismos con la notación de los valores respectivos.

Indudablemente, la primera solución es la mejor, siempre que el esquema sea lo suficientemente grande para permitir una escritura normal y holgada. Si la complicación o tamaño del esquema nos obligasen a un amontonamiento de cifras y letras, será mucho mejor optar por la otra solución: la lista de componentes.

En los esquemas con notaciones directas es costumbre suprimir el cero y la coma de los números decimales, sustituyendo ambos por un punto situado a la izquierda de la cifra de las décimas. Aclaremos la cuestión con un ejemplo:

No escribiríamos 0'15, sino .15.

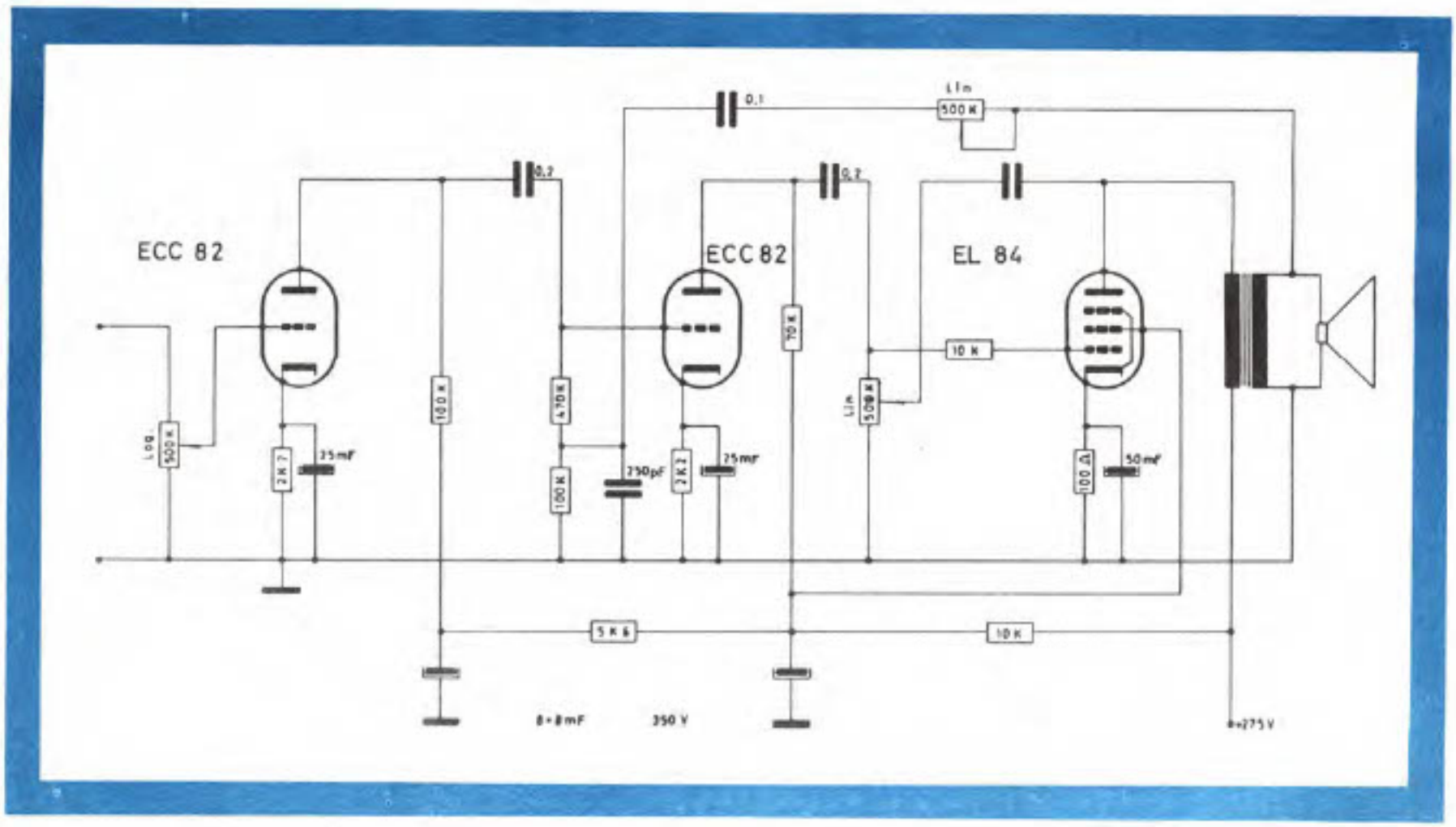
Tampoco escribiríamos 0'025, sino .025.

INSISTENCIA SOBRE UNA CUESTION IMPORTANTE

Una de las cosas que, sin duda, preocupan al estudiante es el problema que se le plantea cuando quiere pasar de un esquema teórico al montaje correspondiente.

Ya hemos dicho, e insistimos en ello, que el esquema teórico representa la composición del circuito, pero no la forma definitiva que este mismo circuito adquirirá una vez montado. Es más: un mismo esquema puede representar tantos montajes como montadores lo realicen, sin que por ello varíen sus características.

Supongamos, por ejemplo, que se nos encarga el montaje de un amplificador, cuyo esquema se nos proporciona.



Este es el esquema del amplificador, cuyo montaje podemos enfocar desde dos puntos de vista distintos.

La pregunta surge inmediata: ¿cuál será la forma que podemos dar al chasis?

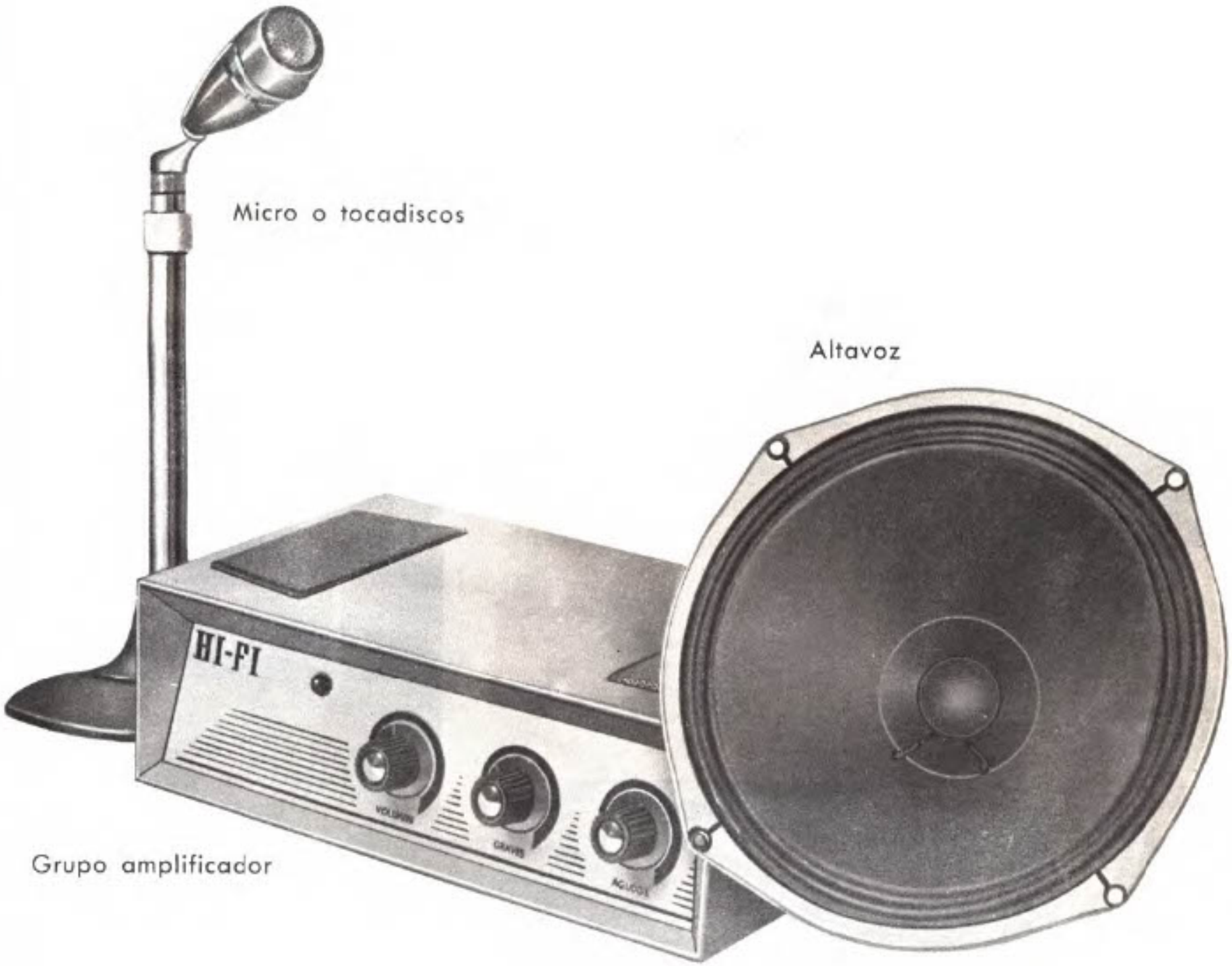
Para encontrar la respuesta, es evidente, deberemos conocer una serie de circunstancias decisivas, tales como el destino que se dará al amplificador y el espacio de que dispondremos para su montaje.

Existen dos soluciones lógicas: que debe tratarse de un grupo amplificador independiente, montado en el interior de una caja y que sirve para accionar unos altavoces situados en cualquier sitio, o bien que se trate del amplificador que debe ubicarse en una maleta tocadiscos.

Fíjese: el mismo circuito (luego el mismo esquema) bajo dos formas completamente distintas, que obligarán a situar los componentes según dos esquemas prácticos muy distintos.

Así terminamos la lección: haciéndole ver, mediante representaciones gráficas, dos soluciones posibles, obtenidas partiendo del mismo esquema.

¡Un mismo circuito solucionado para dos montajes distintos!



Una solucion posible: que se trate de un grupo amplificador montado en una caja especial completamente independiente del micrófono, tocadiscos o lo que sea, y del altavoz. En este caso el chasis, con su montaje, podría tener este aspecto u otro similar.

Observe que para este montaje hemos aprovechado la fuente de alimentación que hemos estudiado en nuestras lecciones. Otra muestra de las posibilidades de adaptación de un esquema.

Otra solución: el amplificador debe montarse en el interior de una maleta tocadiscos. Las condiciones de espacio y forma son muy distintas a las anteriores. Una posible solución está en el gráfico que cierra esta lección.

Observe como aquí ha desaparecido la rectificadora. En realidad ha sido sustituida por un rectificador de selenio incluido en el interior del chasis.

© MVC

Manuel Rancelle